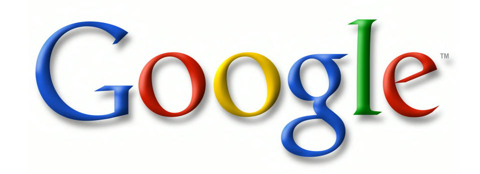




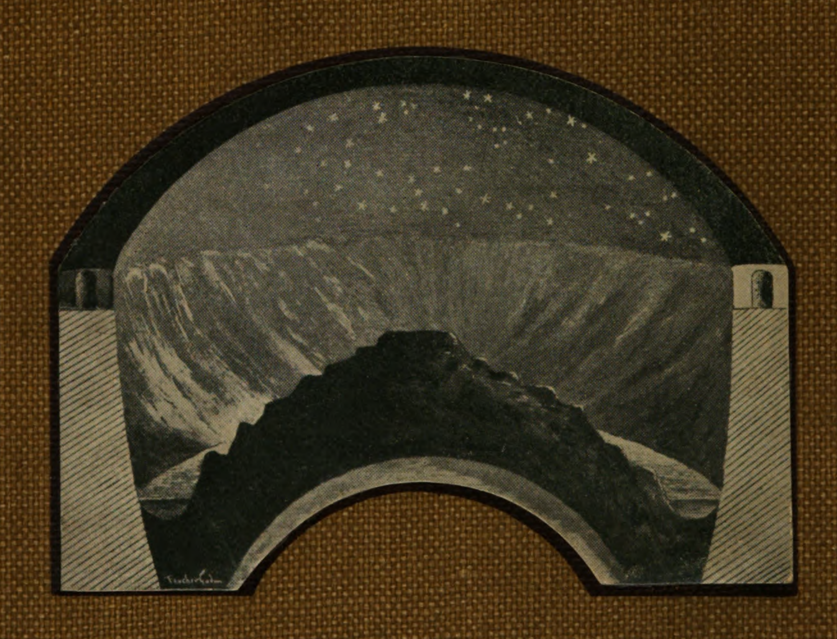
Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten

Das Werden der Welten

Neue Folge

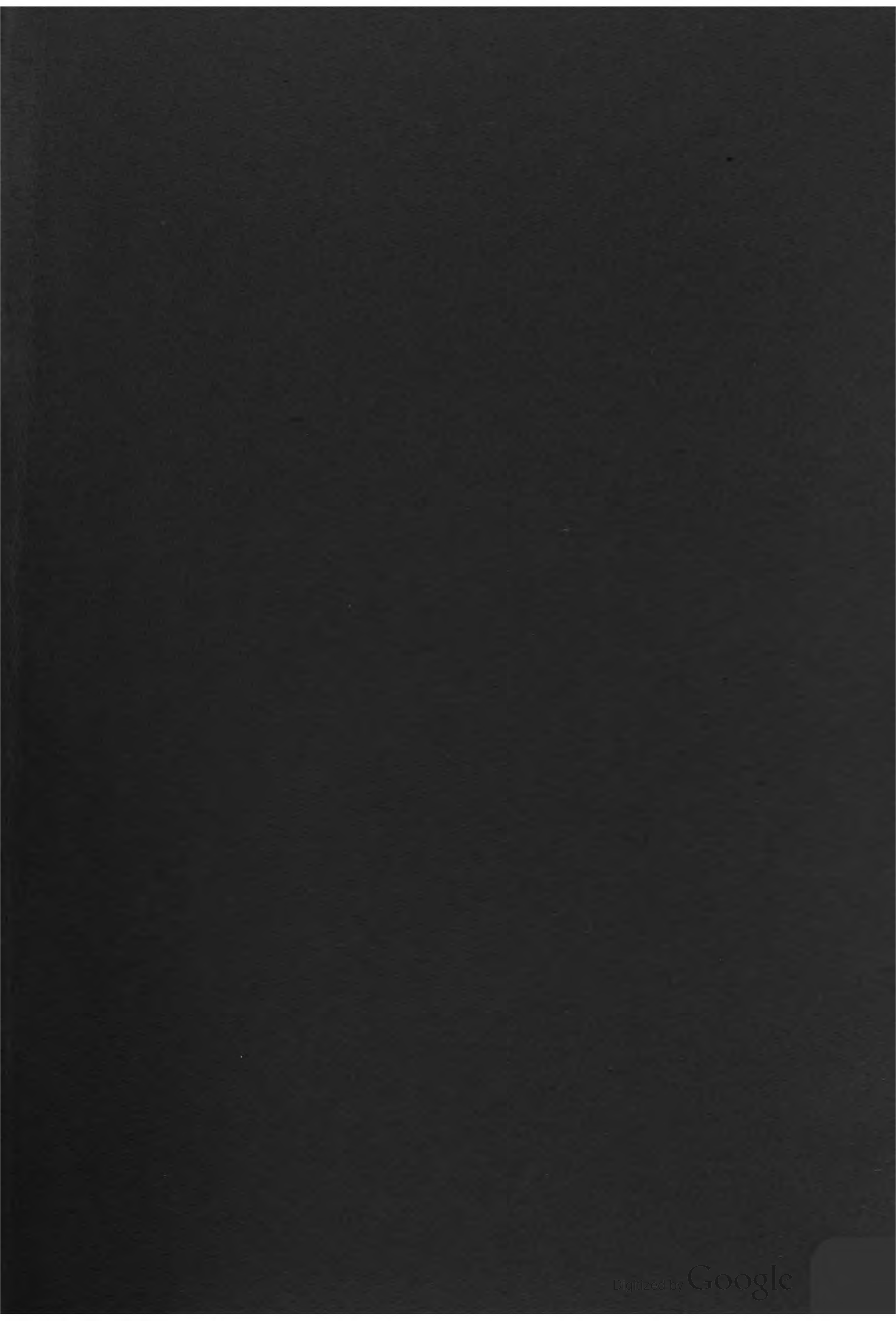
von

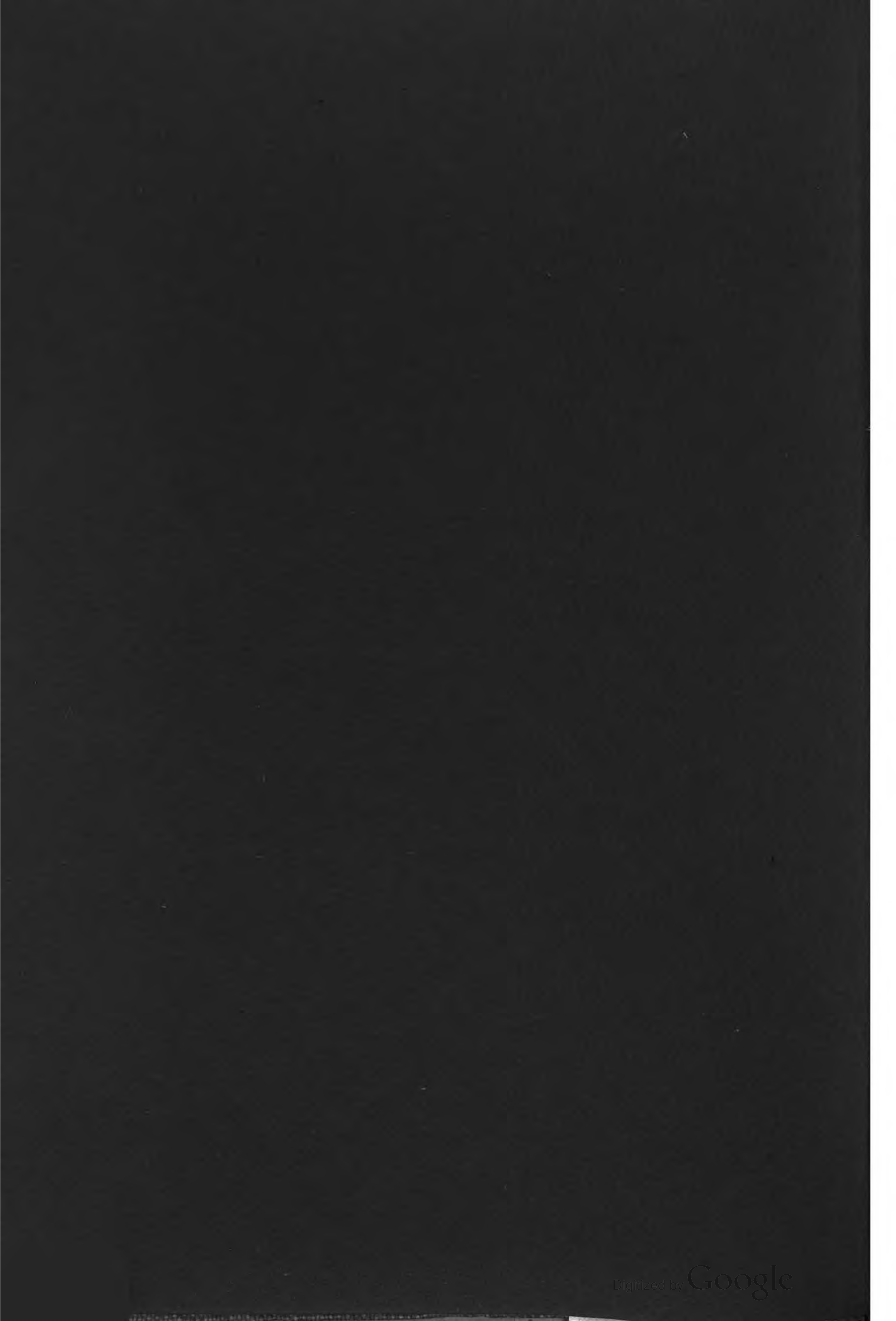
Svante Arrhenius



Leipzig
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.
1908


Digitized by Google





Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten

Das Werden der Welten

Neue Folge

von

SVANTE ARRHENIUS

Aus dem Schwedischen
übersetzt
von L. Bamberger

Mit 28 Abbildungen

Zweites Tausend

Leipzig ::: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.
1908

Published May 15, 1908

Druck von Hallberg & Büchting (Inh. L. A. Klepzig), Leipzig.

Vorwort.

Die Schrift über „Das Werden der Welten", die ich vor Jahresfrist der schwedischen Leserwelt übergab, ist mit einem so außerordentlichen Wohlwollen aufgenommen worden, daß ich nicht tief genug dafür danken kann. Eine Folge davon war auch, daß die verschiedensten Fragen, sowohl von Bekannten wie von Unbekannten, an mich gestellt wurden. Diese Fragen drehten sich oft um die Richtigkeit der mannigfachen Vorstellungen vom Weltall, die früher allgemeiner waren als jetzt. Man könnte sie recht gut durch eine historische Zusammenstellung der verschiedenen Ansichten über die Weltenentwicklung beleuchten, welches Problem schon lange vor der historischen Zeit alle Denkenden interessiert hat.

Da ich nun durch andere Umstände veranlaßt worden bin, mich in die geschichtliche Entwicklung der kosmogonischen Ideen vor Newtons Auftreten hinein zu versetzen, war es möglich, mir durch Vervollständigung meines Wissens auf diesem Gebiet eine Vorstellung von der Auffassung des Weltenproblems zu verschiedenen Zeiten zu bilden. Dieses Studium hatte so großes Interesse für mich, daß ich zu glauben wage, auch das Publikum wird gern einen Begriff davon bekommen, wie die Anschauungen auf diesem Gebiet sich aus den ersten kindlichen und unzusammenhängenden Vorstellungen bei den Naturvölkern zu dem großartigen Gedankenbau unserer Tage entwickelt haben. „Nur durch sein Werden," sagt Häckel, „wird das Gewordene erkannt. Wahres

Verständnis der Erscheinungen gibt uns nur die Geschichte ihrer Entwicklung."

Obschon in diesen Worten eine gewisse Übertreibung liegt, — so brauche ich z. B. zum Verständnis der modernen Chemie nicht alle Phantasien der Alchimisten zu kennen —, kann man doch nicht bestreiten, daß ein Studium der Denkweise vergangener Zeiten in hohem Grade aufklärend auf die Anschauungen unserer eigenen Zeit wirkt.

Am interessantesten ist es wohl, zu sehen, wie Ansätze zu unsern heutigen Anschauungen schon in den ältesten und unvollkommensten Begriffsbildungen nachweisbar sind. Man verfolgt ihr Schicksal unter dem Einfluß der Umgebungen, beobachtet, wie sie mit andern Ansichten wetteifern, wie sie im Wachstum zurückbleiben, um wieder aufzuschießen, die Mitbewerber in den Schatten zu stellen, und schließlich allein Zeichen von Lebenskraft aufzuweisen. Durch dieses historische und vergleichende Studium erhalten wir auch eine weit lebhaftere Vorstellung von der Gesundheit und Zuverlässigkeit unserer gegenwärtigen Auffassung.

Dieses Studium gewährt uns auch tiefe Befriedigung, indem wir beobachten, wie die Entwicklung in unserer Zeit mit unerhörter Geschwindigkeit vor sich geht. Während etwa hunderttausend Jahren befand sich die Menschheit in einer Art geistigem Winterschlaf und hat auf keinem Gebiet mehr erreicht als heute das mindest entwickelte Naturvolk. In den nicht ganz zehntausend Jahren, über welche die Entwicklung der sogenannten Kulturvölker sich erstreckt, ist der Fortschritt zweifellos weit größer gewesen als in der prähistorischen Zeit der Menschheit. Trotz des schweren Rückschlags in kultureller Hinsicht, der das Mittelalter kennzeichnet, dürfen wir doch mit Bestimmtheit behaupten, daß die letzten tausend Jahre uns bedeutend weiter gebracht haben als die ganze vorhergehende historische Zeit. Und schließlich dürfen wir wohl, ungeachtet der hervorragenden Arbeiten von Laplace und William Herschel über die Weltenentwicklung, die vor mehr als hundert Jahren ausgeführt wurden,

auf allgemeine Zustimmung darin rechnen, daß die letzten hundert Jahre uns auf diesem Gebiet mehr gebracht haben als die unmittelbar vorhergehenden neunhundert. Schon allein die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie dürfte ebensoviel Licht in diese Frage gebracht haben wie die vorangegangenen Forschungen, und wenn man nun das großartige Wissensgebiet dazu rechnet, das uns mit Hilfe des Spektroskops eröffnet wurde, sowie schließlich die Einführung der Lehre von den Gesetzen der Wärmestrahlung, des Strahlungsdrucks, und der energiereichen radioaktiven Körper, so senkt sich die Wage zweifellos tief zu Gunsten des letzten Jahrhunderts. Wir kommen nun in unserm Vergleich allerdings zu Zeiten, die viel zu nahe liegen, als daß wir sie mit voller Sicherheit mit ihren Vorgängern messen könnten; aber ich glaube doch, kein Naturforscher wird bestreiten, daß unsere Kenntnis von der Natur niemals früher so rasche Fortschritte gemacht hat wie gerade in unsern Tagen.

Wenn wir uns nun fragen, wie es möglich ist, daß eine so außerordentliche Steigerung des Fortschritts in der naturwissenschaftlichen Erkenntnis (besonders in ihrer Nutzanwendung auf die Lösung des Weltenproblems) eintreten konnte, so dürfte die Antwort etwa folgendermaßen lauten. In den ersten Dämmerzeiten der Kultur lebten die Menschen in kleinen Stämmen, die sich aus den Familien entwickelten. Die Summe von Erfahrung, die jeder Stamm für sich von der großen Außenwelt zu gewinnen imstande war, konnte keinen größeren Umfang annehmen. Der intelligenteste Mann des Stammes, der „Medizinmann", benutzte dieselbe, um die Führung der andern zu übernehmen. Nur die allernächsten Freunde und Verwandten durften einen Einblick in den Wissensschatz bekommen, auf den seine Überlegenheit sich gründete. Eine gleichmäßige Erweiterung dieses Schatzes von Geschlecht zu Geschlecht konnte nur mit äußerster Langsamkeit vor sich gehen. Weit besser wurden die Verhältnisse, als die Stämme es für vorteilhafter hielten, sich zu Staaten zusammenzuschließen. Die Wissenden sammelten sich zu

einer verhältnismäßig großen Priesterkaste, die zweifellos in wirklichen Schulen diejenigen erzog und in die Weisheit der Vorzeit einführte, die in ihren Kreis traten. Die Kultur war inzwischen auch soweit vorgeschritten, daß schriftliche Aufzeichnungen der Erfahrungsresultate möglich wurden. Aber die Schriften waren mühsam herzustellen, es gab daher nur eine geringe Anzahl, die sorgfältig in den Tempeln aufbewahrt wurde. Der Weisheitsschatz der Priester wurde auf diese Weise verhältnismäßig schnell vermehrt, doch sickerte nur ein verschwindender Bruchteil davon zur Allgemeinheit durch, die überdies Gelehrsamkeit als etwas Übernatürliches ansah. Indessen war ein großartiger Fortschritt gemacht worden. Wahrscheinlich waren die ägyptischen Priester, welche ohne Zweifel den griechischen Naturkundigen ein gut Teil ihrer Weisheit mitgeteilt haben, am weitesten gekommen. Es kam eine großartige Blütezeit, der wir um so mehr volle Bewunderung zollen, als ihr ein tiefer Rückschlag folgte. Die Schriften blieben nicht länger ausschließliches Eigentum einer mächtigen Kaste von Tempelpriestern, sondern wurden auch unter Laien verbreitet, wenn auch bloß unter die allerreichsten Klassen. Die Sklaven, die im römischen und griechischen Staat während deren Blütezeit die überwiegende Mehrheit ausmachten, durften, wenn man die wenigen gelehrten Diener, z. B. die Buchabschreiber ausnimmt, den geistigen Fortschritt der Kultur nicht genießen. Besonders ungünstig wirkte auch die Vorstellung, daß Handarbeit und infolgedessen auch die experimentelle Arbeit freier Männer unwürdig und nur für Sklaven passend sei. Eine schwere Einbuße erlitt sodann die Naturforschung durch eine dem Studium der Natur abgeneigte philosophische Schule in Athen, deren Lehrsätze, noch obendrein, von den Sachwaltern der christlichen Kirche aufgenommen wurden und ihren kulturhemmenden Einfluß bis fast auf unsere Tage ausübten. Die Zeiten des traurigen Verfalls währten bis zu dem Wiedererwachen der Menschheit im Anfang der neuen Zeit. Diese stellte die Buchdruckerkunst in den Dienst

der Gelehrsamkeit und die Verachtung der experimentellen Arbeit verschwand aus den Anschauungen der Gebildeten. Aber langsam ging es anfangs bei dem Widerstand der alten vorgefaßten Meinungen und dem Mangel an Zusammenwirken unter den verschiedenen Forschern. Diese hindernden Umstände sind seither geschwunden und zugleich vermehrte sich die Anzahl der Arbeiter und ihrer Hilfsmittel im Dienst der Naturwissenschaft in rascher Folge. Daher der großartige Fortschritt der letzten Zeiten.

Zuweilen hört man sagen, daß wir in der „besten der Welten" leben; darüber läßt sich schwer etwas Wohlbegründetes aussagen, aber wir — wenigstens die Naturforscher — können mit aller Sicherheit behaupten, daß wir in der besten der Zeiten leben. Wir können in der festen Hoffnung, daß die Zukunft nur noch besser werden wird, mit dem großen Natur- und Menschenkenner Goethe sagen:

„Es ist ein groß Ergötzen,
Sich in den Geist der Zeiten zu versetzen,
Zu schauen, wie vor uns ein weiser Mann gedacht,
Und wie wir's dann zuletzt so herrlich weit gebracht."

Stockholm, im August 1907.

Inhaltsverzeichnis.

I.

Die Sagen der Naturvölker von der Entstehung der Welt.

Die auf der tiefsten Entwicklungsstufe stehenden Völkerschaften leben nur für den Tag. Was morgen geschehen mag und was gestern geschah, hat, soweit es nicht in direktem Zusammenhang mit den besonderen täglichen Sorgen steht, kein Interesse für sie. Irgendwelche Betrachtungen über das Weltall, oder über seine fortschreitende Entwicklung liegen ihnen ebenso fern wie etwa ein Gedanke darüber, wie die Erde wohl in vergangenen Zeiten beschaffen gewesen sein mag. Auf weit voneinander entfernten Teilen der Erde trifft man Volksstämme auf diesem niedrigen Standpunkt. So sagt Dr. Brinton von den Eskimos an der nordamerikanischen Eismeerküste, daß sie niemals einen Gedanken über den Ursprung der Welt gehabt hätten. Ebensowenig scheinen sich die Abiponer, ein ehemals kriegerischer, jetzt friedliebender Indianerstamm in Santa Fé in Argentinien, und die in Südafrika lebenden Buschmänner um die Entstehung der Welt bekümmert zu haben.

In Gegenden, wo der Kampf um des Lebens Notdurft nicht allzuhart ist, stößt man indessen schon früh auf die Frage, nach dem Ursprung der Erde und später auch des Himmels oder — mit andern Worten — der außerhalb der Erde befindlichen Dinge. Das Gewöhnliche ist, daß man sich eine anthropomorphe Vorstellung vom Anfang der Welt machte, das heißt, man nahm an, sie sei von irgendeinem persönlichen Wesen gemacht worden. Dieses Wesen hatte irgendein Material zur Verfügung, aus dem es die Welt herausgestaltete. Die Vorstellung, daß die Welt aus nichts

geschaffen worden sei, scheint im allgemeinen dem ursprünglichen Begriff nicht zu entsprechen, sondern einen höheren Grad von Abstraktion zu erfordern.*) Sie scheint von indischen Philosophen herzurühren und wir finden sie in der Legende von Brahma (der Geist) wieder, der durch seinen Gedanken das Urwasser schuf, sowie in der persisch-ismaelitischen Sage vom unendlichen namenlosen Wesen, aus welchem die Welt in sechs Perioden hervorging. Die Ansicht, daß Materie aus irgend etwas Unmateriellem, durch einen Willensakt, einen Befehl oder einen Gedanken, entstehen kann, wie in den ebenerwähnten Sagen, muß mit gutem Grund als „übernatürlich" oder „unnatürlich" bezeichnet werden. Wie sie dem heutigen Stand der Naturforschung widerspricht, wonach die Menge der Materie unveränderlich ist, so ist sie auch unvereinbar mit den primitiven Erfahrungen, die die Naturvölker in ihrer Umgebung sammelten. Wir finden daher auch in den meisten Fällen die Vorstellung von der Ewigkeit der Materie scheinbar tiefer begründet als die Ansicht, daß die Persönlichkeit, der schaffende Gott, der die Welt aus der Materie bildete, ein unendliches Dasein habe. Der Weltenschöpfer wird daher in der Regel als aus der Urmaterie entstanden angenommen. Einen höheren Grad von Folgerichtigkeit darf man natürlich in diesen ersten Versuchen, sich eine Vorstellung vom Weltenursprung zu bilden, nicht erwarten. Aber man darf nicht übersehen, daß sich in den ältesten Vorstellungen eher ein Keim zur Evolutionslehre findet (der Lehre von der natürlichen Entwicklung des Weltprozesses unter dem Einfluß bekannter Naturkräfte, wie sie sich von jeher geltend machten) als zu einer metaphysischen Schöpfungstheorie, die im Gegensatz zur Evolutionslehre das Eingreifen übernatürlicher Kräfte annimmt, und die daher auch nicht Gegenstand naturwissenschaftlicher Betrachtungen sein kann.

Der große Philosoph Herbert Spencer sagt über den

*) Ein sehr tief stehender Stamm, Bu-nu-rong, an der australischen Küste, gibt an, daß der als Adler auftretende Gott Bun-jel die Welt geschaffen hat. Woraus? wird nicht gesagt.

Begriff Evolution: „Evolution ist eine Änderung von Ungleichförmigkeit zu Gleichförmigkeit, von Unbestimmtheit zu Bestimmtheit, von Unordnung zu Ordnung." Diese Meinung, die übrigens nicht ganz richtig ist — besonders was die Bewegung der Moleküle anlangt — entspricht vollkommen den ersten Begriffen von der Weltenentwicklung, Begriffen, die übrigens durch die allgemeine Herrschaft der Laplaceschen Hypothese bis in unsre Zeit maßgebend waren. Als das ungeformte, ungeordnete, durchaus gleichmäßige Urelement wurde gewöhnlich das Wasser angenommen. Die älteste Erfahrung lehrt, daß sich bei Überschwemmungen eine Schlammschicht absetzt, die durch ihre dem Anbau günstige Beschaffenheit, die Aufmerksamkeit besonders auf sich zog. So kam man natürlich zu der Annahme, daß alle Erde sich allmählich aus dem Wasser abgesetzt habe. Thales sagt ja auch (ungefähr 550 Jahre vor unserer Zeitrechnung), daß alles aus Wasser entsteht. Wahrscheinlich hat man auch schon früh die Erfahrung gemacht, daß wenn Wasser aus einem Kochgefäß weggekocht wird, es eine erdartige Kruste, bestehend aus im Wasser gelösten Salzen und aufgeschlemmten festen Partikeln, hinterläßt.

Als Beleg für diese Auffassung möge, außer den ägyptischen, chaldäischen und finnischen Schöpfungsmythen, die später besprochen werden, eine der indischen Erzählungen vom Ursprung aller Dinge angeführt werden, welche in dem herrlichen 129. Hymnus im zehnten Buch der Rig-Veda aufgezeichnet ist, und welche deutsch lautet:

Kein Sein, kein Nichtsein gab's,
Nicht Raum der Luft und keinen Himmel drüber.
Was regte sich und wo? Wer war's, der regte?
War's Wasser, das den bodenlosen Abgrund füllte?

Den Tod nicht gab's, gab auch kein ewig Leben,
Nicht Tag und Nacht noch konnte man da scheiden.
Ein namlos Wesen hauchte tiefe Seufzer,
Im Übrigen war nichts im Weltenchaos.

Ein Dunkel war da und gehüllt in Dunkel,
Ein formlos Wasser war die weite Welt,

Die Welt des leeren Nichts versteckt in Leere;
Doch Leben zeugte eine Glut im Innern.

Begehren war das Erste, das sich regte,
Des Lebensgeistes erstes Zeichen war es,
Die Weisen, die der Seele Tiefen suchten,
Das Nichtsein fanden sie verwandt mit Sein.

Doch wer ist's, der der Urzeit Sage kennt?
Wer weiß, wie diese Welt geschaffen worden?
Denn dazumalen gab es keine Götter.
Wer kann wohl sagen uns, was keiner schaute?

Wie Weltenanfang war in Urnachts Zeiten?
Ja, ob geschaffen sie, ob nicht geschaffen?
Weiß einer, ist es Er, der's All bewachet?
In Himmelshöhe —, doch vielleicht auch Er nicht.

Diese tiefdurchdachte poetische Schilderung gehört eigentlich nicht zu den Sagen der Naturvölker, sondern entspricht einem sehr hohen Entwicklungsstadium. Aber die darin vorkommende Erwähnung des Urwassers als Ursprung aller Dinge wurzelt zweiffellos in den allerältesten Naturanschauungen des indischen Volkes.

Bezeichnend ist die Vorstellung, die sich in einer großen Anzahl von Schöpfungsgeschichten wiederfindet (u. a. in der chaldäischen und der damit verwandten hebräischen, sowie in der griechischen), daß das Dunkel oder die Nacht, die doch nur in der Abwesenheit von Licht besteht, etwas Wirkliches ist. „Nichtsein" wird als verwandt mit „Sein" angesehen, obwohl es doch direkte Gegensätze sind. Ohne Zweifel hat hier die Vorstellung zugrunde gelegen, daß in einem durch und durch gleichmäßigen Chaos kein Gegenstand sich von der Umgebung abgrenzt, also keiner existiert.

Gewöhnlich wird der ungeordnete Zustand mit dem griechischen Worte Chaos bezeichnet, das eine überall gleichförmige Verteilung der Materie bedeutet. Auch die Kant'sche Kosmogonie geht davon aus, daß das Weltall zu Anfang ein vollkommen gleichartiges Chaos von materiellen Partikeln war. Manchmal wird der Urzustand auch mit dem Wort Ur-Äther bezeichnet, wie in der japanischen Schöpfungs-

mythe. „In früheren Zeiten," heißt es da, „als Himmel und Erde noch nicht voneinander geschieden waren, gab es bloß den Ur-Äther, eine Mischung, die einem Ei glich. Das Klare schwebte, da es leichter war, aufwärts und wurde zum Himmel; das Schwere, Trübe sank ins Wasser und wurde zur Erde." Nach einer anderen japanischen, von Tylor erzählten Legende, war die Erde ursprünglich zähflüssig wie Lehmbrei, oder wie Öl, das auf Wasser schwimmt. „Da stieg aus der Masse die Schwertlilie oder Binse auf, die man Asi nennt, aus welcher der erdbildende Gott sich erhob."

Die Betrachtung der lebenden Natur, in welcher die Organismen aus einem scheinbar leblosen Samen oder Ei hervorgehen, hat häufig zu der Vorstellung geführt, daß ein Ei eine wichtige Rolle bei der Weltentstehung spielte, wie in der eben erwähnten japanischen Erzählung und in Legenden aus Indien, China, Polynesien, Finland, Ägypten und Phönicien.

Unter den Schöpfungssagen, die davon ausgehen, daß ein oder mehrere Eier eine Hauptrolle bei der Entstehung der Welt spielten, ist wohl die finnische die meist bekannte und ausgearbeitete. Man hat sie nach Erzählungen verhältnismäßig unzivilisierter finnischer Stämme, die im Gouvernement Archangelsk in Rußland wohnhaft sind, aufgezeichnet. Nach dieser Sage schwebte „eine der keuschen Töchter der Natur", Ilmatar, im blauen Raum umher, und ließ sich zur Abwechslung auf die Wogen des Meeres nieder. Demnach gab es von Anfang an das Meer, darüber den weiten Raum, sowie Ilmatar, die ihren Ursprung in der Natur hatte. Das entspricht der gewöhnlichen Auffassung bei den Naturvölkern.

Während sieben hundert Jahren treibt nun Ilmatar, vom Sturm gewiegt, auf den Wellen umher. Eine Wildente kommt über das Wasser geflogen und sucht einen Platz, sich ihr Nest zu bereiten. Ilmatar hebt ihr Knie aus dem Wasser und die Wildente legt darauf sechs goldene Eier und ein siebentes aus Eisen. Nachdem die Ente zwei Tage darauf gebrütet hat, stürzen sie bei einer Bewegung Ilmatars hinunter in die Tiefe.

Doch die Eier in des Meeres
Wasser wurden nicht zertrümmert;
Denn aus ihnen nahm der Himmel,
Nahm die Erde ihren Ursprung.
Aus dem untern Teil des Eies
Ward die niedre Mutter Erde,
Doch der obre Teil des Eies
Ward die hohe Himmelsfeste.
Und vom Übrigen das Gelbe,
Ward die tagerhellende Sonne.
Und vom Übrigen das Weiße
Ward zum klaren Mond der Nacht.
Doch was bunt war in dem Eie,
Ward gemacht zu Himmelssternen.
Und der schwarze Teil des Eies
Ward zu Wolken in den Lüften.

Darauf entstieg Ilmatar dem Meere und schuf Vorgebirge, Inseln, Berge und Hügel, und dann gebar sie Wäinämöinen, den weisen Sänger, den Sohn des Windes. Wäinämöinen erfreut sich am Glanz des Mondes und der Sonne, findet es aber nicht richtig, daß die Erde keine Pflanzen trägt. Da ruft er den Gott des Ackerbaus, Pellervoinen, an, der seine Saat über die Felder ausstreut. Sie bedecken sich mit lebhaftem Grün, aus dem sich auch die Bäume erheben, ausgenommen die Eiche, die erst später gepflanzt wurde. Die Eiche wuchs indessen so stark, daß sie den Menschen das Licht der Sonne und des Mondes verdunkelte, weshalb sie gefällt werden mußte. Wie man sieht, treten im Laufe der Handlung Götter, Menschen, Tiere und Pflanzen auf, ohne daß irgend eine nähere Angabe für nötig erachtet wird, woher sie kommen. Dieser Zug ist typisch für alle Schöpfungssagen, aber er ist selten so ausgeprägt wie in dieser finnischen. Wahrscheinlich sind verschiedene Teile der Sagen von verschiedenen Personen bearbeitet worden; jedoch ist nie eine kritische Umarbeitung einer ganzen Sage von der Entstehung der Welt unternommen worden. Es ist mit andern Worten die Poesie des Naturkindes,

die sich in der Sage offenbart, und nicht der weltumfassende Gedanke des weisen Grüblers.

„Die ursprünglichen Kosmogonien sind," wie E. G. Hirsch bemerkt, „spontane Produkte der Volksphantasie und daher unsystematisch. In der Regel bilden sie nur ein Kapitel der Theogonien, das heißt, der Erzählungen von der Abstammung der Götter."

Eine hervorragende Rolle in den Sagen der verschiedenen Völker spielen die Sintflutsagen, denen von Seiten der Naturforscher viel Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Am bekanntesten ist die in der Bibel beschriebene Sintflut, bei welcher die Erde so überschwemmt worden sein soll, daß sogar die höchsten Berge noch 15 Ellen tief unter Wasser standen. Nachdem man in den siebziger Jahren eine assyrische Keilschrifterzählung ganz ähnlichen Inhalts aufgefunden hatte, in welcher der Held Sit-napistim (der Xisusthros der Babylonier) genannt wird, nahm man an, daß die jüdische Legende aus assyrischer Quelle geschöpft hat. Da der hebräische Text sagt „ich will eine Sintflut kommen lassen vom Meere", glaubte der berühmte Geologe Sueß (1883), daß die Sintflut durch eine von einem vulkanischen Ausbruch herrührende Flutwelle verursacht worden sei, welche sich vom persischen Golf über die mesopotamischen Tiefländer hereingewälzt haben müßte.

I. Riem sammelte nicht weniger als 68 Sintflutsagen bei verschiedenen Völkerschaften, die sie selbständig erdichtet zu haben scheinen. Von diesen treffen nur vier auf europäische Völker, nämlich die griechische Sage von Deukalion und Pyrrha, die Erzählung in der Edda, die Sagen der Littauer und der im nordöstlichen Rußland wohnenden Wogulen. Von Afrika kommen 5, von Asien 13, von Australien und Polynesien 9, von Nord- und Südamerika 37. Die Neger, Kaffern und Araber kennen ähnliche Sagen nicht. Die Ursache der großen Überschwemmung wird sehr unterschiedlich angegeben bei den verschiedenen Völkern. Schmel-

zen von Schnee- oder Eismassen (Skandinavien), Regen (Assyrien), Schneefall (Montagnais-Indianer), Einsturz des Himmels durch Zusammenbrechen der stützenden Pfeiler (China), Rache des Wassergottes (Gesellschaftsinseln) usw., werden als Grund angegeben. In einigen Fällen wird gesagt, daß die Sintfluten sich mehrmals wiederholt haben.

So berichtet Plato im Timäos, daß ihm ein ägyptischer Priester erzählt habe, die Himmelsflut käme in bestimmten Perioden wieder.

Da gewöhnlich angenommen wird, daß der Schöpfungsakt nur in einem Ordnen der Materie besteht, in den meisten Fällen in der Trennung von Erde und Urwasser oder Weltenmeer (einige Naturvölker auf den Inseln des Stillen Ozeans stellen sich vor, die Erde sei aus dem Weltmeer „aufgefischt" worden), so lag es sehr nahe, den vorangehenden ungeordneten Zustand durch eine Überschwemmung oder „Sintflut" entstanden zu denken, die sich nachher wiederholte. Die Santalen z. B., die nicht arischer Rasse sind, sollen sich in ähnlichen Vorstellungen bewegen.

Das stimmt mit der von einigen modernen Forschern geteilten Ansicht überein, daß der gegenwärtig von Lebewesen bewohnte Teil der Erde verwüstet werden wird, um später wieder Leben zu tragen. Bei den Naturvölkern ist es Wasser oder Feuer oder Wind (manchmal auch der Zorn der Götter), welche die Verwüstung veranlassen, worauf dann die Erde sich wieder neu entwickelt, so daß sie dem Leben als Wohnsitz dienen kann. Dieser Wechsel hat mehrmals stattgefunden. Ihren höchsten Ausdruck hat diese Auffassung, die, abgesehen von der modernen Weltanschauung, weitverbreitet ist, in der indischen Sage gefunden (in den Puranabüchern) und in der buddhistischen Philosophie, auf welche wir noch zurückkommen werden.

Die Lehre von der Wiedergeburt der Welt ist gewöhnlich mit der allgemein verbreiteten Lehre von der Seelenwanderung zusammengeworfen worden, mit welcher wir in

diesem Zusammenhang nicht nötig haben, uns zu beschäftigen.

Ein gewisses Interesse haben die alten amerikanischen Schöpfungsmythen, die vermutlich ohne Mitwirkung der alten Welt entstanden sind. Dessenungeachtet zeigen sie eine auffallende Ähnlichkeit mit den Sagen der alten Welt. Nur spielen die Tiere eine bedeutsamere Rolle in den amerikanischen Legenden. Wie die meisten Jägervölker betrachten die amerikanischen Indianer die Tiere als ihresgleichen. Der Weltenbildner scheint in der Regel Erde oder Lehm zur Hand gehabt zu haben. Gewöhnlich wurde die Erde aus dem Wasser ausgeschieden. Die einfachste Vorstellung ist die, daß eine kleine Insel im Ozean sich allmählich zur Welt vergrößert hat. Charakteristisch ist die Idee der Takullier in Britisch Columbien, daß es anfangs nichts gab als Wasser und eine Moschusratte. Die Moschusratte suchte ihre Nahrung auf dem Grunde des Meeres. Aus dem Schlamme, der sich ihr dabei im Munde sammelte und den sie ausspie, bildete sich allmählich eine Insel, die sich zum Festland entwickelte. Eine noch eigentümlichere Mythe finden wir bei den Irokesen, welche erzählen, daß eine Göttin vom Himmel ausgeworfen wurde und auf eine im Meere schwimmende Schildkröte fiel, die sich dann zum Festland entwickelte. Die Schildkröte entspricht offenbar der kleinen Ozeaninsel in der obenerwähnten Mythe, und das Herabstürzen der Göttin diente nur dazu, der Entwicklung den Anstoß zu geben. Die Tinneh-Indianer glauben, daß der Körper eines Hundes, der auch die Gestalt eines schönen Jünglings annehmen konnte, von Riesen zerrissen und in die Gegenstände verwandelt wurde, die sich jetzt in der Welt finden. Diese Mythe, die die Welt aus den Gliedern eines Menschen- oder Tierkörpers erschaffen ließ, finden wir bei den verschiedensten Naturvölkern in ihren Sagen vom Ursprung der Welt. Zuweilen, nimmt der Schöpfer, wie bei den Winnebago-Indianern, „Kitschi Manitou" (der große Geist), ein Glied seines Körpers und ein Stück Erde, um daraus den

ersten Menschen zu bilden. In dieser Mythe, die sehr an die jüdische Sage von der Erschaffung der Eva erinnert, wird deutlich vorausgesetzt, daß die Erde von Anfang an bestand. Das trifft auch bei den Erzählungen der Navajo-Indianer, der Gräber-Indianer und der Ureinwohner von Guatemala vom Ursprung der Welt zu.

Die australischen Ureinwohner stehen auf einer sehr tiefen Entwicklungsstufe. Im allgemeinen scheinen sie sich gar keine Ansicht vom Anfang der Welt gebildet zu haben. Der Himmel ist für sie, wie für die meisten unzivilisierten Völker ein festes Gewölbe über der flachen Erdscheibe. Der Wotjobaluk-Stamm glaubt, der Himmel sei zuerst fest an die Erde gepreßt gewesen, so daß die Sonne sich nicht zwischen ihnen bewegen konnte und ihre Bewegungsfreiheit erst dadurch erhielt, daß eine Elster sie mittelst eines langen Stockes zum Himmel emporhob. Diese äußerst naive Mythe erinnert lebhaft an eine ähnliche bei den alten Ägyptern (worüber später mehr).

Wie wir aus obenstehenden Beispielen ersehen, sind die ursprünglichen Vorstellungen vom Weltenbau unauflöslich mit religiösen Begriffen verbunden. Der Wilde betrachtet alles, was sich bewegt, alles was eine Wirkung ausübt, als von einem mit Willen begabten Geist beseelt. Man nennt diese Auffassung Animismus. „Wenn ein Strom mit Leben begabt ist wie ein Mensch, so kann er nach seinem eigenen Willen Segen bringen durch Bewässerung, oder Schaden durch gewaltsame Flut. Da wird es notwendig, ihn zu besänftigen, damit er mit seinem Wasser Gutes wirkt, oder ihn zu bewegen, daß er sich der verheerenden Fluten enthält."

Der Naturmensch sucht den mächtigen Geist durch Zauberei zu beeinflussen, in welcher die eingeweihten Medizinmänner oder die Priester eine den andern Sterblichen unzugängliche Weisheit besitzen. Was wir durch Untersuchung der Naturerscheinungen zu erreichen hoffen, nämlich die Mittel zur Ausnutzung der Naturkräfte, suchen die Naturvölker durch Magie zu gewinnen. In gewisser Beziehung

ist also die Magie die Vorgängerin der Naturwissenschaft, und die Mythen und Sagen, die der Ausübung der Magie zugrunde liegen, entsprechen in mancher Hinsicht unsern naturwissenschaftlichen Theorien. So sagt Andrew Lang: „Die Mythen gründen sich ebenso auf durch Vermutung gewonnene primitive Wissenschaft, wie auf primitive religiöse Vorstellungen.“ Daß diese Vermutung in vielen Fällen von alltäglichen Beobachtungen ausging, ist leicht zu begreifen, und es ist oft nicht schwer zu erraten, welche Beobachtungen sich dabei geltend machten. Manchmal hat wohl auch der Zufall eine gewisse Rolle gespielt.

Durch Tradition wurden diese Mythen aus den barbarischen Zeiten bis zu denen der höheren Zivilisation aufbewahrt. Die Ehrfurcht vor den von den Vätern ererbten Vorstellungen hat meistens die in der Zwischenzeit gewonnene höhere Bildung verhindert, die Mythen umzuprägen und das fortzulassen, was der besseren Einsicht zu widerstreiten schien. Das tritt mit besonderer Deutlichkeit in den von Hesiod und Ovid gegebenen kosmogonischen Darstellungen hervor, auf welche wir im nächsten Kapitel zurückkommen werden.

Oft macht sich auch ein anderer Einfluß geltend. Die Sagen der Naturvölker werden gewöhnlich von interessierten Personen mit hoher Bildung aufgezeichnet. Ganz unbewußt färbt ihre eigene Auffassung auf die einfachen Erzählungen der Naturvölker etwas ab. Das trifft um so eher zu, als diese Sagen eine ausgeprägte Folgerichtigkeit vermissen lassen, welche ihnen unterzulegen der aufzeichnende Sammler dann leicht in Versuchung kommt. Besonders gilt das, wenn der Sammler durch Stammesverwandtschaft oder aus andern Gründen eine dem Naturvolk besonders wohlwollende Auffassung hat. In solchen Fällen wird die Darstellung oft zum schönen Gedicht mit den vom Naturvolk übernommenen Motiven.

Natürlich gilt das nur für diejenigen Fälle, in denen keine schriftlichen Denkmäler zur Verfügung standen. Zum Zustandekommen dieser letzteren ist ein ziemlich hoher Grad

von Kultur erforderlich, und man kann daher nicht gut sagen, daß sie von Naturvölkern herstammen. Die kosmogonischen Ideen, die durch schriftliche Überlieferung zu uns kamen, sollen deshalb weiter unten als eigene Abteilung behandelt werden. Unter ihnen verdienen zwei Gruppen unsere besondere Aufmerksamkeit: erstens diejenige der Völker, von denen wir wichtige Bestandteile unserer Kultur ererbt haben; zweitens die andrer, mit einem hohen Grad von Verständnis und Gedankentiefe begabter Völker.

Die erste Gruppe steht in unmittelbarem Zusammenhang mit den Ansichten, die nachher von den Philosophen der alten Zeit und auch den Denkern späterer Zeiten aus- und umgebildet wurden. Reste von kosmogonischen Traditionen der Kulturvölker der Antike bilden einen wesentlichen Bestandteil der Vorstellungen vom Weltall bei den zivilisierten Völkern der Jetztzeit.

Die zweite Gruppe interessiert uns hauptsächlich deshalb, weil sie in manchen Punkten an die Anschauungen erinnert, zu denen die Naturwissenschaft uns durch die außerordentlich erweiterte Kenntnis von der Außenwelt, die wir ihr verdanken, führte.

II.

Schöpfungslegenden bei den Kulturvölkern der alten Zeit.

Die moderne Zivilisation hat ihre Wurzeln im alten Chaldäa und Ägypten, wo sich in ziemlich großer Menge Kulturdenkmäler finden, die sich etwa 7000 Jahre lang erhalten haben. Zwar hat man Spuren einer noch viel älteren bis auf ungefähr 50000 Jahre zurückgehenden Kultur in den Kalkgrotten von Südfrankreich und Nordspanien gefunden, deren Wände mit farbigen Abbildungen, hauptsächlich von Tieren wie Mammut, Renntier und Pferden, bedeckt sind. Aber die Phantasie des Künstlers jener Zeit beschäftigte sich eben nur mit der ersehnten Jagdbeute und ein wenig mit der Frau, mit welcher er diese Beute teilte, wenn er sie im Überfluß hatte. Irgendwelcher Einfluß auf die Zivilisation unserer Zeit aus jener „Magdalenien-Zeit" genannten Periode kann nicht nachgewiesen werden, aber um so mehr aus jener andern Periode, die auf den klassischen Boden Chaldäas und Ägyptens zurückweist.

„Zu der Zeit, da es in der Höhe nichts gab, was man Himmel nennt, und unten nichts, was den Namen Erde hatte," das heißt, da weder Erde noch Himmel bestanden, sagt die chaldäische Legende, „gab es nur Apsu (den Ozean), deren Vater, und Tiamat (Chaos), die All-Mutter". Das Wasser des Ozeans und das Chaos vermischten sich; aus der Mischung, die die Urelemente unserer Welt enthielt, entsproß nach und nach das Leben. Es entstanden auch Götter, „die vormals nicht erschaffen waren", und erzeugten eine zahlreiche Nachkommenschaft. Als Tiamat sah, wie die

Götterschar sich ihres Gebiets immer mehr bemächtigte, schuf sie ein Heer von Ungeheuern, wie Stiere mit Menschenköpfen, Hunde, die in einem Fischschwanz endigten usw. zur Verteidigung ihrer Herrschaft. Die Götter hielten Rat und beschlossen, die Untiere zu vernichten, aber keiner wagte sich daran, außer Marduk, Sohn des Gottes der Weisheit Ea. Aber er verlangte von seinen Mitgöttern das Versprechen, daß er als Preis für den Sieg die Herrschaft über sie erhalten sollte. Nachdem dies unter dem zwingenden Druck der Verhältnisse bewilligt worden war, suchte er, mit Bogen, Spieß und Donnerkeil bewaffnet, Tiamat auf und warf ein Netz um sie. Als Tiamat ihren weiten Schlund öffnete, um Marduk zu verschlingen, warf er ihr den Sturmwind in den Rachen und die Eingeweide, und die Folge davon war, daß Tiamat barst. Entsetzt suchten Tiamats Anhänger zu fliehen; sie wurden in Fesseln gelegt und vor Eas Thron geführt. Marduk nahm nun eine Umgestaltung von Tiamats Körper, dem ungeordneten Chaos, vor. Er teilte ihn in zwei Hälften, „wie man es mit Fischen macht, die getrocknet werden sollen". „Darauf hing er die eine Hälfte in der Höhe auf, das wurde der Himmel; die andere Hälfte breitete er unter seine Füße, das wurde die Erde, und so machte er die Welt, so wie die Menschen sie seitdem kennen."

In Maspéros „Histoire ancienne des peuples de l'Orient classique", finden wir ein Bild (siehe S. 17), wie sich die Chaldäer die Welt vorstellten. Auf allen Seiten vom Weltmeer umgeben, erhebt sich die Erde in der Mitte wie ein hoher Berg, dessen Gipfel mit Schnee bedeckt ist, aus welchem der Euphrat entspringt. Die Erde ist ringsum von einer hohen Mauer umgürtet, und in der Vertiefung zwischen Erde und Mauer liegt der Ozean, den kein Sterblicher überschreiten kann. Jenseits desselben liegt das den Göttern vorbehaltene Gebiet. Über der Mauer ruht ein Gewölbe, das Himmelsgewölbe, von Marduk aus hartem Metall hergestellt, das bei Tage im Glanze der Sonne scheint,

aber bei Nacht einer dunkelblauen, mit Sternen besäeten Glocke gleicht. Am nördlichen Teil des Gewölbes befindet sich ein halbkreisförmiges Rohr mit zwei Öffnungen, einer im Osten, einer im Westen. Am Morgen kam die Sonne aus der östlichen Öffnung heraus, stieg langsam immer höher über den südlichen Teil des Himmels und sank dann zur westlichen Öffnung nieder, in welche sie beim Einbruch der



Fig. 1. Marduk mit Blitzen bewaffnet, tötet Tiamat.
Zeichnung von Faucher-Gudin nach einem Basrelief aus Nimrud im britischen Museum. Dieses und die folgenden drei Bilder aus Maspéro: „Histoire ancienne des peuples de l'Orient classique".

Nacht eintrat. Während der Nacht glitt die Sonne durch das Rohr, um am nächsten Morgen ihre Bahn aufs neue zu beginnen. Marduk ordnete das Jahr nach dem Lauf der Sonne und teilte es in zwölf Monate, deren jeder drei Zehntagesperioden oder Dekaden enthielt. Das Jahr umfaßte also 360 Tage. Jedes sechste Jahr wurde ein Schaltmonat eingefügt, so daß das Jahr im Durchschnitt doch 365 Tage hatte.

Die Kultur der Chaldäer hing in hohem Grad vom Wechsel der Jahreszeiten ab, deshalb legten sie großes

Gewicht auf die Zeitrechnung. Anfangs scheinen sie, wie die meisten Völker, den Mondumlauf zur Grundlage ihrer Zeitrechnung gemacht zu haben; aber bald fanden sie, daß die Sonne größeren Einfluß hatte, und führten daher das obenerwähnte Sonnenjahr ein, dessen Einteilung Marduk zugeschrieben wird. Man entdeckte bald, daß Beobachtungen über die Stellung der Sterne zur Bestimmung der verschiedenen Jahreszeiten besonders wertvoll waren. Da die Jahreszeiten die organische Welt, von der die Menschheit doch ganz abhängig ist, beherrschen, so kam man schließlich zu der übertriebenen und höchst schädlichen Überzeugung von der Macht der Sterne, die während etwa zwanzig Jahrhunderten, bis zum Anfang der neuen Zeit, lähmend auf den Forschungstrieb gewirkt hat. Diese Lehre wird von dem Zeitgenossen Julius Cäsars, Diodorus Siculus, folgendermaßen geschildert: „Dadurch, daß sie (die Chaldäer) während langer Zeiten auf die Sterne acht gegeben, und sorgfältiger als alle andern deren Bewegungen und Gesetze beobachtet haben, können sie den Menschen viel von dem, was geschehen wird, voraussagen. Die größte Fähigkeit der Weissagung und Einwirkung auf die Zukunft schreiben sie den fünf Sternen zu, die wir Planeten nennen (Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn), die sie aber unter dem gemeinsamen Namen „Dolmetscher" zusammenfassen. — — Aber in den Bahnen dieser Sterne stehen, so sagen sie, dreißig andere, welche sie „beratende Götter" nennen — — — Als oberste Götter nehmen sie zwölf an, und jedem von diesen teilen sie einen Monat, sowie eins der zwölf Sternbilder im Tierkreis zu. Durch dieselben gehen, wie sie behaupten, Sonne, Mond und die fünf Planeten".

Die chaldäischen Priester hatten eine vollkommen ausgebildete Astrologie. Für jeden Tag zeichneten sie sorgfältig die Stellung der Sterne auf und konnten sie auch für die nächste Zukunft berechnen. Die verschiedenen Sterne vertraten Gottheiten, oder wurden geradezu mit ihnen identifiziert. Wenn also jemand zu wissen wünschte, welche

Götter sein Leben beherrschten, so befrug er die sternkundigen Priester über die Stellung der Sterne an seinem Geburtstag, und bekam gegen reichliche Bezahlung die Hauptzüge seines Schicksals zu hören. Sollte ein Unternehmen an einem bestimmten Tag ausgeführt werden, so konnte man sich im



Fig. 2. Chaldäische Vorstellung von der Welt. Zeichnung von Faucher-Gudin. In der Mitte liegt der Kontinent, der nach allen Seiten hin sich zum „Weltberg“ Ararat erhebt. Das Land ist rings vom Ozean umgeben, auf dessen hinterer Seite die Wohnungen der Götter liegen. Über dem „Weltberg“ liegt der Himmel wie eine Glocke (vom Gott Marduk geschaffen), die während des Tages im Sonnenglanz erstrahlte und während der Nacht dunkelblau und sternenbesät war. Der nördliche Teil war mit einem Rohr versehen, dessen Öffnungen man auf dem Bilde sieht. Aus der östlichen Öffnung trat die Sonne am Morgen hervor, erhob sich am Firmament, um am Nachmittag wieder zu sinken und schließlich beim Einbruch der Nacht in die westliche Öffnung des Rohres einzutreten. Während der Nacht schob sie sich durch das Rohr und trat am nächsten Morgen durch dessen östliche Mündung wieder heraus.

voraus über die Aussichten für dessen glückliche Durchführung unterrichten. Wenn man recht wohlwollend über die chaldäischen Priester urteilen will, so kann man vielleicht sagen, daß ihrer Anschauung auch die heutigentags allgemeine Überzeugung zugrunde liegt, jedes Ereignis sei eine notwendige Folge der äußeren Bedingungen.

Aber diese Ansicht ist mit einer andern verflochten, die vollkommen irrig und auch schon bei einfacher Prüfung nicht stichhaltig ist, nämlich daß die Stellung des Mondes und der Planeten einen nennenswerten Einfluß auf die Natur und den Menschen ausübt. Durch den Glauben, daß die Himmelskörper Götter seien, wurde die Astronomie zu einem Teil der Götterlehre, das heißt der Religion, und ihre Ausübung auf die herrschende Priesterkaste beschränkt. Wer Zweifel an den vorgefaßten Meinungen dieser Priesterkaste äußerte, wurde auf das unbarmherzigste von den Machthabern verfolgt, die mit den Priestern gemeinsame Interessen hatten. Dieser schreckliche orientalische Zug ging zum Teil auf das Volk der klassischen Antike und in hohem Grad auf die Halbbarbaren des Mittelalters über.

Die chaldäische Weltbaumythe hat auch auf andere Weise große Bedeutung für uns gewonnen, nämlich dadurch, daß sie in etwas veränderter Form von den Juden und damit auch von den Christen übernommen wurde. Die von der modernen Forschung allgemein angenommene Ansicht von der Wanderung der Schöpfungssage ist der deutschen Leserwelt wohlbekannt durch das Buch „Babel und Bibel“, auf welches wir hiermit verweisen möchten. Das Chaos war auch für die Juden das Ursprüngliche, die Erde war öde und leer, und die Finsternis war über der Tiefe (oder dem Ur-Wasser). Bei dem babylonischen Priester Berosus wird erwähnt: „daß im Anfang alles Finsternis und Wasser war“. Die Tiefe (Tehom) wird in dem jüdischen Schöpfungsbericht als Person angesehen und entspricht ethymologisch Tiamat. Aus dem vorhandenen Material schuf (oder eigentlich formte) Elohim Himmel und Erde.

Elohim teilte die Wasser; die oberen wurden in den Himmel eingeschlossen, in die unteren die Erde gelegt, die man sich flach oder halbkugelförmig und auf dem Wasser schwimmend dachte. Darüber lag das unbewegliche Himmelsgewölbe, an welchem die Sterne befestigt waren. Es ist aber durchaus nicht hoch bis zur Himmelsfeste, die Vögel

können sich bis zu ihr emporschwingen und daran entlangfliegen. Enoch beschreibt, wie mehrere Sterne von Gehennas Feuer verzehrt wurden, weil sie nicht zu leuchten anfingen, als Elohim es ihnen befahl. Demnach sind die Sterne „böse Engel", das heißt Götter, die vom obersten Gott abgesetzt wurden.

Der Unterschied zwischen der chaldäischen und der jüdischen Schöpfungsgeschichte liegt hauptsächlich darin, daß die letztere monotheistisch, die erstere dagegen polytheistisch ist, jedoch mit der Tendenz zum Monotheismus, indem der



Fig. 3. Der Gott Shû, Nûit (den Himmel) und Sibû (die Erde) trennend, von Faucher-Gudin nach einem Gemälde auf einem im Turiner Museum befindlichen Mumiensarg gezeichnet.

Sonnengott Marduk als Beherrscher aller Dinge, auch der Götter, auftritt.

In der jüdischen Kosmogonie finden wir auch eine Spur von der phönizischen Schöpfungssage vom Weltenei in dem Ausspruch „Elohims Geist brütete (gewöhnlich mit ‚schwebte' übersetzt) über dem Wasser". Andeutungen der Erzählung vom Streit zwischen Marduk und Tiamat finden sich auch in den Sagen von der Bezwingung des Meerungeheuers Leviathan oder Rahabs durch Jahve. Vom kosmogonischen Gesichtspunkt aus zeigt die jüdische und daher auch die christliche

Darstellung vom Ursprung der Welt keine besonders große Originalität.

Etwas jünger als die ersten chaldäischen Beschreibungen vom Weltenanfang, aber doch auch von recht hohem Alter, sind die entsprechenden ägyptischen Erzählungen. Wir geben die wichtigsten auf diese Frage bezüglichen Mythen nach Masperos Zusammenstellung wieder. Den Begriff „nichts" hatte man noch nicht abstrahiert, sondern das Material befand sich, wenn auch in ungeordneter Form, „in den dunklen Wassern", wo der spezielle Obergott — immer ein anderer in den verschiedenen Landesteilen — die in der Welt vorkommenden lebenden und leblosen Dinge auf verschiedene Weise bildete, je nach seiner gewohnten Arbeitsmethode, zum Beispiel durch Weben, oder durch Modellieren auf der Drehscheibe, wie bei der Herstellung von Töpferwaren. Im östlichen Nildelta war die Schöpfungsmythe am weitesten entwickelt. Am Anfang ruhten Himmel (Nuit) und Erde (Sibu), sich fest umschlungen haltend, im Urwasser (Nu). Am Schöpfungstage trat ein neuer Gott Shu aus dem Urwasser hervor, faßte mit seinen Händen die Himmelsgöttin Nuit und erhob sie, so daß sie, sich auf ihre Hände und Füße — die vier Pfeiler des Himmelsgewölbes — stützend, das sternenbestreute Firmament bildete. (Fig. 3.)

Sibu bedeckte sich darauf mit Grün, und Tiere und Menschen entstanden. Auch der Sonnengott Ra hatte im Urwasser in der Knospe einer Lotosblume versteckt gelegen. Am Schöpfungstage öffneten sich die Blätter der Lotosblume und Ra trat heraus, um seinen Platz am Himmel einzunehmen. Ra wurde oft mit Shu identifiziert. Da die Sonne auf Nuit und Sibu schien, wurde eine Reihe von Göttern, darunter auch der Nilgott Osiris, geboren. Unter den warmen Sonnenstrahlen entwickelte sich alles Lebendige, Pflanzen, Tiere und Menschen. Nach einigen Legenden geschah dies durch eine Art Gärungsprozeß in dem erwärmten Nilschlamm, einen Selbstzeugungsprozeß, den man noch in historischer Zeit für nicht ganz beendigt hielt. Manche glaubten, die ersten

Menschen, die Sonnenkinder, seien vollkommen und glücklich gewesen, und das spätere Geschlecht sei entartet und seines ursprünglichen Glückes verlustig gegangen. Wieder andere glaubten, die ältesten Menschen seien tierischer Natur und noch nicht mit der Sprache begabt gewesen, sondern hätten sich in unartikulierten Lauten ausgedrückt, bis der Gott Thot sie beides, Sprache und Schrift, lehrte. Sogar der Darwinismus hat, wie wir sehen, Vorläufer im Kindesalter der Kultur gehabt.

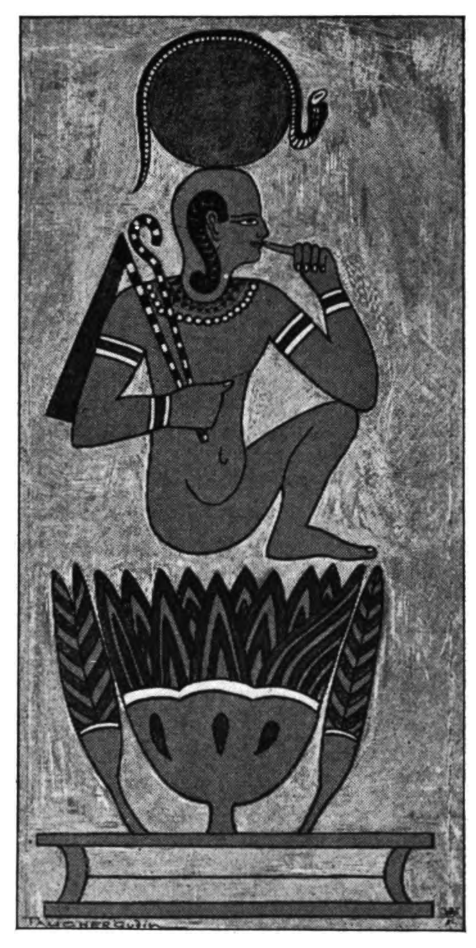


Fig. 4. Der Sonnengott, bei der Schöpfung aus einer aufblühenden Lotosblume steigend. Nach Zeichnung von Faucher-Gudin. Über dem Kopf trägt der Gott als Symbol eine von einer heiligen Schlange bedeckte Sonnenscheibe. Die Lotosblume sowie die zwei Knospen erheben sich auf einem Sockel, der das gewöhnliche Symbol für ein Wasserbecken bildet, hier soll er das dunkle Urwasser Nu vorstellen.

Sehr wenig entwickelt ist die Vorstellung der klassischen Zeit vom Ursprung der Welt. Hesiod (ungefähr 700 v. Chr.) erzählt in seiner Theogonie und in „Werke und Tage“ die griechische Schöpfungsmythe. Alles begann mit dem Chaos; darauf kam die Erdgöttin Gäa, die die Mutter aller Dinge ward, als deren Vater meistens ihr eigener Sohn Uranos,

der Himmelsgott, genannt wird. Himmel und Erde werden von den Naturvölkern oft als Vorfahren der Götter angesehen. Eine kritische Musterung des naiven, kindlichen, an manchen Stellen barbarischen Gedichts hat geringen Wert, weshalb dasselbe in der metrischen Übersetzung von Voß mitgeteilt werden mag, Theogonie, Vers 104—130 und 364—375.

Heil Euch, Kinder des Zeus, gebt lieblichen Ton des Gesanges!
Rühmt nun den heiligen Stamm der unsterblichen ewigen Götter,
Welche die Erde gezeugt und der sternumleuchtete Himmel,
Auch die düstere Nacht, und wieviel aufnährte die Salzflut:
Sagt mir denn, wie Götter zuerst und Erde geworden,
Auch die Ström', und des Meers endlos aufstürmender Abgrund,
Auch die leuchtenden Stern', und der weit umwölbende Himmel;
Und, die aus jenen entsproßt, die seligen Geber des Guten,
Wie sie das Reich sich geteilt, und göttliche Ehren gesondert,
Und wie zuerst sie behauptet den vielgewundnen Olympos
Dies nun meldet mir, Musen, olympische Häuser bewohnend,
Seit dem Beginn, und saget, wie eins von jenen zuerst ward.
Siehe, vor allem zuerst war Chaos; aber nach diesem
Ward die gebreitete Erd', ein dauernder Sitz der gesamten
Ewigen, welche bewohnen die Höhn des beschneiten Olympos,
Tartaros Graun auch im Schoße des weitumwanderten Erdreichs,
Eros zugleich, der, geschmückt vor den Ewigen allen mit Schönheit,
Sanft auflösend, den Menschen gesamt und den ewigen Göttern
Bändiget tief im Busen den Geist und bedachtsamen Ratschluß.
Erebos [1]) ward aus dem Chaos, es ward die dunkele Nacht auch.
Dann aus der Nacht ward Äther [2]) und Hemēra, Göttin des Lichtes,
Welche sie beide gebar von des Erebos trauter Empfängnis.
Aber die Erde zuerst erzeugete, ähnlich ihr selber,
Ihn, den sternigen Himmel, daß ganz er umher sie bedeckte,
Stets unerschütterte Veste zu sein den seligen Göttern.

Danach gebar Gäa „das siedende, wüste Meer" Pontos. Mit Uranos zeugte sie sechs männliche und sechs weibliche Kinder, die sogenannten Titanen, nämlich „den wirbeltiefen"

---

[1]) Urdunkel, Schattenreich. [2]) Die obere, reine Himmelsluft, später Weltäther, das fünfte Element; die anderen waren Feuer, Luft, Erde und Wasser.

Okeanos, Koios[1]) und Kreios[2]), Japetus[3]), Hyperion[4]), Theia[5]), Rheia[6]), Mnemosyne[7]), Themis[8]), Thetis, Phoebe, und Kronos[9]), sowie außerdem Zyklopen[10]) und andere. Es hat wenig Interesse, den versifizierten Katalog wiederzugeben, dessen Namen vermutlich teilweise von Hesiod erfunden worden sind. — Diese einfache Art von Poesie, Namenerfindung, wurde auch in hohem Maß von den Skalden der Nordländer geübt. — Nur die wenigen folgenden Zeilen von der Entstehung der Sterne und der Winde mögen noch Platz finden.

Theia gebar voll Glanzes den Helios, und die Selene,
Eos auch, die allen den Erdbewohnern leuchtet,
Und den Unsterblichen rings im weitumwölbenden Himmel:
Diese gebar einst Theia der liebenden Macht Hyperions.
Aber dem Krios gebar Eurybia mächtige Söhne,
Pallas samt Asträos,[11]) die hoch vorragende Göttin,
Perses auch, der vor allem an kundigem Geiste sich ausnahm.
Eos gebar dem Asträos die Wind' unbändiges Mutes,
Zefyros[12]), blassumschauert und Boreas[13]) stürmisch im Anlauf.
Notos,[14]) da in Liebe zum Gott sich die Göttin gelagert.
Auch den Fosforos[15]) jetzo gebar die heilige Frühe,
Samt den leuchtenden Sternen, womit sich kränzet der Himmel.

In „Werke und Tage" schildert Hesiod, wie die Menschen von den Göttern erschaffen wurden. Anfangs waren die Menschen gut, vollkommen und glücklich, und lebten ohne Mühe von dem, was die Erde ihnen im Überfluß bot. Danach gerieten sie immer mehr in Verfall.

Die griechische Kosmogonie wurde von den Römern übernommen, die sie jedoch nicht nennenswert weiterent-

---

[1]) Koios, wahrscheinlich ein Lichtgott, wird nur von Hesiod genannt. [2]) Kreios, ein Halbgott, mit Eurybia, einer Tochter des Pontos, vermählt. [3]) Japetus, Vater des Prometheus, welcher das Feuer den Göttern stahl und den Menschen gab. [4]) Der Name bedeutet „der hoch Wandernde". [5]) Die Prachtvolle. [6]) „Die Gottmutter", sie war nämlich die Mutter des Zeus. [7]) Göttin der Erinnerung, Mutter der Gesangsgöttinnen. [8]) Göttin der Ordnung und guten Sitten. [9]) Obergott, der von seinem Sohn Zeus gestürzt wurde. [10]) Einäugige Riesen, die von Apollo getötet wurden. [11]) Himmelsgott, Vater der Winde. [12]) Westen. [13]) Norden. [14]) Süden [15]) Der Morgenstern — der Planet Venus.

wickelten. Im Anfang war, so sagt Ovid in den Metamorphosen, ein ungeordnetes, gleichförmiges Chaos, „rudis indigestaque moles", eine formlose Mischung von Erde, Wasser und Luft. Die Natur trennte die Elemente, die Erde vom Himmel (der Luft) und vom Wasser, und die feine Luft (den Äther) von der gröberen (der gewöhnlichen Luft). Das

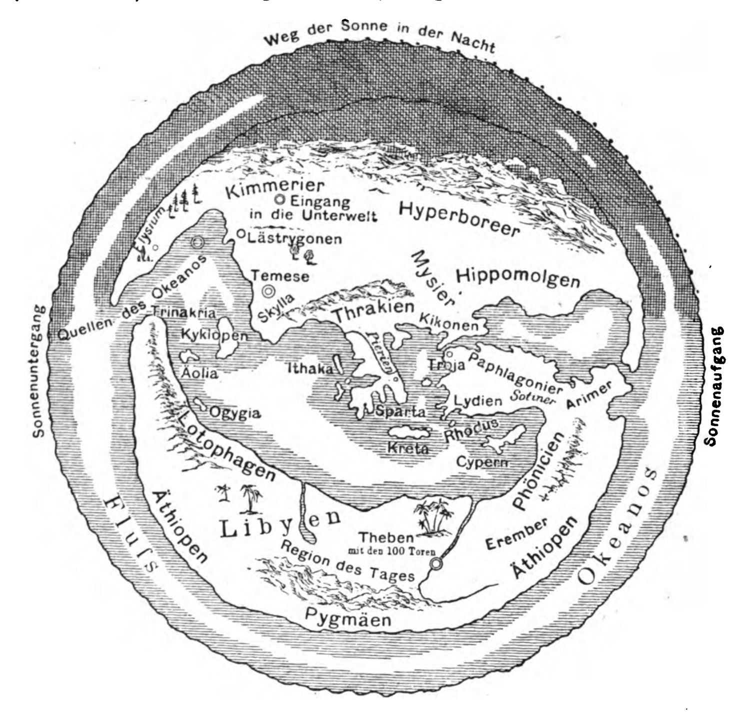


Fig. 5. Griechische mythische Vorstellung vom Fluß Okeanos.

Feuer, „das kein Gewicht hat", stieg auf bis zu den höchsten Himmelszonen. Die schwere Erde setzte sich bald ab und wurde mit Wasser umgeben. Darauf formte die Natur den Boden der Seen und Flüsse, Berge, Felder und Täler auf Erden. Die Sterne, die früher von der Chaos-Nacht verdunkelt wurden, fingen an zu leuchten und wurden zu Wohnungen der Götter. Es wurden Pflanzen, Tiere und zuletzt Menschen erschaffen, die da in dem idealen Zustand des goldenen

Zeitalters lebten. Ein ewiger Frühling herrschte und entlockte der Erde reiche Ernten ohne Anbau. („Fruges tellus inarata ferebat"). Die Flüsse führten Nektar und Milch, und von Eichen troff Honig herab. Als Jupiter (Zeus) den Saturnus (Kronos) stürzte und ihn in den Tartarus einschloß, begann ein minder glückliches Zeitalter, das silberne, wo schon Winter, Sommer und Herbst, abwechselnd mit dem Frühling auftraten. Man war genötigt, Wohnungen zu erbauen gegen die Unbilden des Wetters. Alles verschlechterte sich, aber noch schlimmer wurde es im kupfernen Zeitalter, und schließlich kam das schreckliche eiserne, wo Bescheidenheit, Treue und Wahrheit von der Erde flohen und dem Betrug, der Gewalt, Verräterei, und einem unaufhaltsamen Golddurst, sowie den gröbsten Verbrechen Platz machten.

Ovids Kosmogonie unterscheidet sich wenig von der des Hesiod. Die ursprüngliche Naivität ist zum großen Teil verloren gegangen und durch eine mehr nüchterne Systematik ersetzt worden, die mit dem Gedankengang der praktischen Römer übereinstimmt.

Wir geben unten einige Proben von der teilweise glänzenden Darstellung Ovids nach Bulles Übersetzung der „Metamorphosen".

Eh' Meer und Land entstanden, eh' das Zelt
Des Himmels hoch sich über beide spannte,
Zeigt' einerlei Gesicht die ganze Welt,
Ein wüster Wirrwarr, den man Chaos nannte.
Der träge Stoff barg, unheilvoll gesellt,
Die Keime, deren Zwist hernach entbrannte:
Noch bot der Welt kein Sonnengott sein Licht,
Noch wuchs zum Vollmond Phöbes Sichel nicht.

Noch schwebte unsre Erde nicht wie heute
Im luft'gen Raum durch eignes Gleichgewicht,
Und Amphitrites Arm umschlang als Beute
Der Länder weitgestreckten Raum noch nicht.[1])

[1]) Diese Stelle, wonach Amphitrite, die Gattin des Meergottes Poseidon, den Saum der Erde mit ihren Armen umschlingt, zeigt, dass Ovid sich die Erde scheibenförmig, nicht kugelrund dachte. Zu

Wo Luft war, war auch Land; wo Land war, dräute
Zugleich die Flut; und wie die Luft kein Licht,
So bot sich auf dem Land zum Steh'n kein Fleckchen,
Zum Schwimmen in der Flut kein flüssig Eckchen.

Von keinem Stoff ward seine Form bewahrt,
Und keiner liess den andern frei gewähren.
Im selben Körper kämpfte Weich mit Hart,
Mit Hitze Kälte, Leichtes mit dem Schweren.
Allein der Dinge bessre Eigenart
Und eine Gottheit schied zuletzt die Gähren:[1])
Wie Land und Meer, wie Erd' und Firmament,
Ward Ätherglanz und dichte Luft getrennt.

Erst als die Gottheit so den Wust geschieden
Und alles recht an seinen Platz gestellt,
Schuf sie im All die Eintracht und den Frieden.
Hoch droben wölbte sie das Himmelszelt
Aus Feuerstoff; gewichtlos; tiefer nieden
Und schwerer schon, ward ihm die Luft gesellt;
Noch tiefer sank, geformt aus gröbern Massen,
Das Land in Fluten, die es rings umfassen.

Als nun der Gott den Stoff verteilt, begann —
Wer es auch war — er Gliedrung ihm zu geben,
Und liess zuerst, dass Gleichmass sie gewann,
Die Erd' als Kugel[2]) in den Lüften schweben.
Auf ihr verteilt' und um sie schlang er dann
Die Meeresfluten, die vom Sturm erbeben.
Drauf schuf er See nnd Sumpf und Quell und Bach,
Der talwärts floss, des Ufers Krümmen nach.

Und mancher Strom entstand, der seine Wogen
Bis in das Meer hinabwälzt, mancher Fluss,
Den bald die Erde wieder aufgesogen,
Und mancher, der in freierem Erguss
An Ufers Statt als See in weitem Bogen
Gestad' umbrandet. Denn des Gotts Entschluss
Schuf Täler auch und weitgedehnte Felder
Und Felsgebirg und grünbelaubte Wälder.

Ovids Zeiten wurde jedoch von den Gebildeten allgemein angenommen das die Erde kugelförmig sei. [1]) Diese Gottheit war die „milde Natur“ — „Hanc deus et melior litem natura diremit“. [2]) „orbis“ bedeutet ursprünglich Kreisscheibe, später auch Kugel.

Und wie am Himmel er zur linken Hand
Zwei Zonen werden liess und zwei zur rechten,
Und mittendrin die fünfte, glutverbrannt,
So auch fünf Gürtel, die die Erd' umflechten.
Vor Hitz' unwohnlich ist das Mittelband,
Indessen Eis und Schnee die äussern knechten,
Und Wärm' und Kälte nur den andern zwein
Der rechten Mischung glücklich Maß verleihn.

Die Luft, die so viel schwerer als der Äther,
Wie Wasser leichter als die Erde wiegt,
Wies er zum Sitz dem Donner an, der später
Manch Menschenherz in banger Furcht besiegt.
Auch Nebel streut' und Dunst und Wolken sät' er
Hin in die Luft, und mit den Blitzen fliegt
Das Heer der Winde dort, die eisig blasen;
Doch ließ er sie nicht ohne Schranken rasen.

Hierauf kommt eine Beschreibung der verschiedenen Winde und ihrer Ausgangspunkte. Dann fährt der Dichter fort:

Im klaren Äther, der in lichte Ferne,
Gewichtlos und der ird'schen Schranken bar
Gehoben ward, erglänzte nun der Sterne
Bisher im trüben Wust verborgne Schar.
In ihnen nimmt des Menschen Auge gerne
Der Götter Antlitz und Gestalten wahr,
Die, daß es keinem Teil des Alls an Leben
Gebrechen mög', im Äther leuchtend schweben.

So bot die Luft den Vögeln Unterkunft,
Dem Fisch das Meer, das Land den andern Tieren.
Allein ein Wesen, teilhaft der Vernunft
Und fähig, all' die andern zu regieren,
War nicht vorhanden in der ganzen Zunft,
Bevor der Mensch ward, den, die Welt zu zieren,[1])
Vielleicht aus Götterkeim des Meisters Ruf
Gebildet, der die bessere Ordnung schuf.

Vielleicht auch, daß vom Äther in die Erde
Sich ein zurückgebliebenes Fünkchen fand,
Als, sie benetzend, Form ihr und Geberde
Der Götter lieh Prometheus' weise Hand.

---

[1]) „Sanctius his animal mentisque capacius altae — Deerat adhuc et quod dominari in cetera posset — Natus homo est.“

Denn während alle Wesen sonst zur Erde
Die Augen senken, schaut emporgewandt
Sein Blick hinauf zum ew'gen Sternentempel
Und zeigt der Menschenwürde neuen Stempel.

O gold'ne Zeit, in der ein fromm Geschlecht,
Des Zwangs unkundig, ohne Furcht vor Strafen,
Aus eig'nem Triebe tat, was gut und recht!
Nicht ehr'ner Tafeln droh'nde Paragraphen
Erhielten Sitt' und Ordnung ungeschwächt,
Und vor dem Richter bangten keine Sklaven.
Nichts wußte man von Schwert und Panzerhemd:
Drommet' und Schlachthorn war der Menschheit fremd.

Noch war von Gräben keine Stadt umzogen,
Noch kannte jeder nur die nächste Welt.
Noch rauschte keine Fichte durch die Wogen,
Die man, die Welt zu sehn, im Wald gefällt.
Noch nirgends ward des rauhen Kriegs gepflogen:
In stillem Frieden ward die Flur bestellt,
Und daß der Boden seine Früchte trüge.
Zermarterten ihn weder Karst noch Pflüge.

Danach kam das silberne Zeitalter, der ewige Frühling des goldenen hörte auf, und Jupiter setzte die vier Jahreszeiten ein; man war genötigt, seine Zuflucht zu schützenden Wohnungen gegen die brennende Hitze des Sommers und die eisige Kälte des Winters zu nehmen. Nicht zufrieden mit dem natürlichen Ertrag der Erde, erfand der Mensch den Ackerbau.

So kam zu dritt das eherne Geschlecht,
Von wilderm Sinn, schnell fertig mit den Waffen,
Doch nicht verrucht. Denn Scham und Zucht und Recht
Entwich erst, als das vierte ward geschaffen,
Das eiserne, des Lugs und Truges Knecht,
Voll frecher Gier zu rauben und zu raffen,
Mit dem in die verderbte Welt Gewalt
Den Einzug hielt und Tück' und Hinterhalt.

Die Tann im Berge fällt des Beiles Schlägen,
Durch unbekannte Meere streicht der Bug;
Der Schiffer lernt vorm Wind die Segel schrägen
Und weiß nur wenig doch von seinem Zug.

Der Bauer sorgt, den Boden zu umhegen,
Der sonst, wie Licht und Luft, kein Eigen trug;
Jetzt muss er nicht bloß Pflug und Spaten leiden:
Man wühlt umher in seinen Eingeweiden.

Nach Schätzen grub man, die im tiefstem Schacht
Als Lockungen zum Bösen Gott verborgen.
Verderblich stieg das Eisen aus der Nacht,
Verderblicher das Gold mit seinen Sorgen.
Mit ihnen ward der Krieg ans Licht gebracht,
Dem beide sie zum Kampf die Waffen borgen,
Dass klirrend er in blut'ger Hand sie schwingt:
Es lebt die Welt vom Raub, den sie verschlingt.

So kam's, daß nicht dem Gast des Gastfreunds Leben,
Der Schwäher nicht dem Eidam heilig war;
Frau sah vor Mann und Mann vor Frau man beben;
Selbst unter Brüdern ward die Freundschaft rar.
Stiefsöhnen ward von Müttern Gift gegeben;
Der Sohn erforscht des Vaters Todesjahr;
Die Lieb' erstarb, und endlich floh Asträa,
Der Götter letzte, selbst die blut'ge Gäa.

Jupiter vernichtete dieses Geschlecht durch eine Sintflut, nach welcher Deukalion und Pyrrha übrig blieben. Diese hatten, auf den Rat von Deukalions Vater, Prometheus, ein Boot gebaut, in welchem sie neun Tage umhergetrieben wurden, bis sie auf dem Berg Parnassos strandeten. Sie warfen Steine hinter sich, und daraus entstanden Menschen. Die anderen Wesen entstanden durch Selbstzeugung, als die Sonnenstrahlen den üppigen Flußschlamm erwärmten. Die Sage erinnert stark an die Keilschriftsage von der Sintflut, an die biblische Erzählung von Noah, sowie an die ägyptische Mythe vom Ursprung der lebenden Wesen.

Die vielen Götter treten fast vollständig zurück. „Die milde Natur", welche Gott genannt wird, ordnet und regiert das Ganze.

III.

Die schönsten und tiefstdurchdachten Schöpfungssagen.

Im allgemeinen blieben auch viele gebildete Völker auf dem Standpunkt der oben besprochenen Vorstellungen stehen. Trotz der hohen Kultur in Rom zur Zeit vor Christi Geburt schrieb Ovid damals über den Ursprung der Welt nahezu in derselben Weise wie Hesiod 700 Jahre früher. Man möchte fast glauben, daß das Studium der Natur in dieser langen Zeit keinen Fortschritt gemacht hätte. Und doch war während derselben, wie wir unten sehen werden, in vielen Forschern und Denkern eine Auffassung des Weltenrätsels herangereift, die selbst die höchste Bewunderung unserer Zeit erweckt. Aber die Frucht dieser Arbeit scheint nur einigen wenigen eingeweihten Geistern vorbehalten gewesen zu sein. Wenn jemand zu der großen Masse sprach, hielt er sich im Interesse des Staates für verpflichtet, die Ideen zu verkündigen, die Jahrhunderte zurückreichten, und dadurch geheiligt worden waren, daß man sie der offiziellen Religion einverleibt hatte. Vielleicht hielten auch die meisten — eine Ausnahme macht Lucrez — die Ergebnisse der Naturforschung für poetisch zu geringwertig. Daß die Resultate der Wissenschaft nicht in den Gedankengang der Menge eindringen durften, hat wohl mehr als irgend etwas anderes dazu beigetragen, daß die antike Kultur von den anstürmenden Barbaren so rasch zerstört werden konnte.

Es ist auch höchst wahrscheinlich, daß sich unter den ägyptischen Priestern Denker befanden, die längst den primitiven Standpunkt überwunden hatten, der sich in der oben-

erzählten ägyptischen Schöpfungssage geltend macht. Aber sie behielten dieses Wissen streng für ihre eigene Kaste, die dadurch eine große Macht über das sklavische Volk gewann.

Da geschah es ungefähr um das Jahr 1400 vor unserer Zeitrechnung, daß ein aufgeklärter Monarch, Amenhotep IV., eine Reformation einführen und die alte ägyptische Religion ändern wollte, so daß sie den Fortschritten der Kultur entsprechen sollte. Er ging sehr radikal vor. Er erklärte, daß das ungezählte Heer der alten Götter abgeschafft sei, daß er nur einen Gott, Aten, die Sonne, anerkenne. Er riß die alten Göttertempel nieder und zog von der alten Hauptstadt Theben, die voll verhaßter Götzenbilder war, fort. Aber er hatte natürlich die herrschsüchtige Priesterschaft gegen sich, und die blinde Menge folgte ohne Zweifel diesen ihren geistigen Führern. So kam es, daß dieser gewaltsame Durchbruch der Wahrheit nach des weisen Königs Tod spurlos verwischt wurde, und daß sein Nachfolger und Eidam, Ai, von sich selbst sagen konnte: „Ich muß die Knie beugen vor Göttern, die ich verachte."

Das Großartige in Amenhoteps — oder Chut-en-atens „Glanz der Sonnenscheibe" — Religion war, daß er die Sonne als Höchstes in der Natur einsetzte. Das entspricht fast unserer eigenen Vorstellung. Die Sonne gibt nämlich jeder Bewegung auf Erden, mit Ausnahme derjenigen der unbedeutenden Gezeiten, die Energie. Nach der Laplaceschen Hypothese ist ja auch alle Materie auf Erden von der Sonne ausgegangen, ausgenommen die verhältnismäßig geringen Mengen, die in Form von kleinen Meteoriten vom Himmel niederfallen. Man kann also sagen, die Sonne sei „der Ursprung aller Dinge", ob man nun, wie die Naturvölker nur an irdische Gegenstände, oder an das Sonnensystem denkt. Wir bringen folgende schöne Hymne an den Sonnengott, der hier mit zwei verschiedenen Namen Re und Atum genannt wird.

Anbetung Dir, o Re, beim Aufgang, Atum beim Untergang!
Du gehst auf, du gehst auf, Du strahlest, Du strahlest

Mit leuchtender Krone, Du König der Götter.
Des Himmels, der Erde Herr bist Du.
Du bist der, der die Sterne da oben, die Menschen hier unten schuf.
Du bist der einzige Gott, der war schon zu Anfang.
Länder liessest Du werden und Völker hast Du geschaffen.
Du hast die Wasser der Feste, hast den Nil uns erschaffen
Alle Gewässer hast Du geschenkt, und Leben dem, was darin ist.
Du warst, der der Berge Ketten verband, und Menschen und Erde liess werden.

Auch nach der Laplaceschen Hypothese kann man ja die Sonne als die Schöpferin der nach ägyptischen Begriffen wichtigsten Sterne, nämlich der Planeten, ansehen. Da man die Planeten für göttliche Wesen hielt, konnte man auch mit Recht von der Sonne sagen, daß sie der einzige Gott von Anfang an war.

An diese Weltanschauung des Amenhotep erinnert uns die etwa ein bis zweihundert Jahre später entstandene des Zarathustra. Nach ihm bestehen seit unendlichen Zeiten der unendliche Raum, dem Chaos entsprechend, wie auch die Mächte des Lichts und der Finsternis. Der Lichtgott Ormuzd formte aus der vorhandenen Materie die Dinge in folgender Ordnung, die wir mit der Schöpfungsordnung der Babylonier und Juden vergleichen möchten.

Ormuzd schuf:	Marduk schuf:	Elohim / Gen. 1 / schuf:
1. Die Amschaspanden[1])	1. Den Himmel	1. Himmel
2. Den Himmel	2. Die Himmelskörper	2. Erde
3. Sonne, Mond u. Sterne	3. Die Erde	3. Pflanzen
4. Feuer	4. Pflanzen	4. Himmelskörper
5. Wasser	5. Tiere	5. Tiere
6. Erde u.lebende Wesen.	6. Den Menschen.	6. Den Menschen.

Den Anhängern Zarathustras wurde die Sonne, als wichtigstes Licht, auch der Hauptgegenstand der Verehrung, wie bei den Babyloniern Marduk, der Sonnengott. Viele andere Völker sind auch instinktiv von der Vielgötterei zur Sonnenanbetung übergegangen, unter anderen die Japaner.

---

[1]) Die Amschaspanden sind die sechs höchsten Götter nächst Ormuzd. Sie vertreten je einen wichtigen ethischen Begriff.

Im Lauf der Zeiten veränderte sich allmählich in Persien die Lehre des Zarathustra, und es entstanden viele Sekten. Unter ihnen lehrten die Zervaniten, die nach und nach die Majorität unter den Anhängern Zarathustras gewannen, daß das weltbeherrschende Prinzip die unendliche Zeit sei, „zervane akerene", dem sowohl das Prinzip des Guten (Ormuzd) wie des Bösen (Ahriman) entsprangen.

Durch Verschmelzung mit mohammedanischen und gnostischen Elementen entstand aus der Lehre Zarathustras eine andere Abart, der Ismailismus, mit philosophisch-mystischem Anstrich. Hinter der Welt steht ein unfaßbares, namenloses, dem Unendlichkeitsbegriff entsprechendes Wesen. Man vermag nichts darüber auszusagen, man kann es daher auch nicht anbeten. Von diesem Wesen geht durch eine Art Naturnotwendigkeit eine ganze Reihe sogenannter Emanationen aus, nämlich: 1. Die Allvernunft, 2. die Allseele, 3. die ungeordnete Urmaterie, 4. der Raum, 5. die Zeit und 6. die geordnete materielle Welt, in der als Höchstes der Mensch steht. Diese Religion scheint der Materie, dem Raum und der Zeit einen höheren Daseinswert beimessen zu wollen als der geordneten und darum wahrnehmbaren Sinnenwelt. Das entspricht der modernen Auffassung, nach welcher Materie, Raum und Zeit unendlich sind. Eine ähnliche Eigenschaft wird der Allseele zugeschrieben, die man wohl als eine Umschreibung für das Leben ansehen darf.

Nach Zarathustras Lehre wird Astvad-ereta alle Toten auferwecken und alles zu einem glückseligen Zustand wiederherstellen. Nach den Ismaeliten waren die zoroastrischen Lehren von Auferstehung und jüngstem Gericht nur Bilder, die die periodischen Veränderungen im Weltsystem ausdrücken sollten. Es ist möglich, daß diese letztere Ansicht unter dem Einfluß der indischen Philosophie entstanden ist.

Unter den Völkern des Ostens zeichnen sich die Inder durch ihre alte Religion aus, die im Laufe der Zeiten von der Priesterkaste zu einer Ewigkeitslehre ausgebildet worden ist. Sie hat tiefe philosophische Bedeutung, und entspricht

eigentlich der gegenwärtigen Ansicht der Naturforschung von der Unzerstörbarkeit der Materie und der Energie, wie auch der Ewigkeitsbegriff einen wesentlichen Bestandteil der modernen Kosmogonien ausmacht. Da eine Entwicklung im Weltall in die Augen fallend ist, so kann man die Ewigkeit nur verstehen, wenn man annimmt, daß die Entwicklung sich periodisch vollzieht, indem sie sich immer und immer wiederholt. Wie sich die alten indischen Philosophen diesen Prozeß vorstellten, wird aus folgender Erzählung ersichtlich:

Manu (in den Veda-Gesängen war Manu eine Art Noah, Stammvater der Menschen) saß in Gedanken versunken. Da näherten sich ihm die Maharchien, grüßten ihn verehrungsvoll und sprachen also zu ihm: „Herr, geruhe, uns sorgfältig und in der rechten Reihenfolge die Gesetze zu erklären, welche für den Ursprung der Dinge und auch für jene gelten, die durch Mischung daraus entstanden sind. Du allein, Meister, kennst den Ursprung, die Bedeutung und die Folgen dieser allgemeinen Gesetze, die grundlegend und unfaßbar sind, und deren Umfang vom gemeinen Menschenverstand nicht erfaßt werden kann, denn sie sind Veda." Darauf gab der Allgewaltige folgende weise Antwort: „Höret, diese Welt war im Dunkel versunken, unfaßbar, ohne trennende Kennzeichen. Sie konnte nicht vom Verstand begriffen, nicht geoffenbart werden, sie schien vollkommen dem Schlaf anheimgegeben. Als die Lösung (das Weltall wird als eine durchaus gleichförmige Lösung vorgestellt) ihrem Ende nahe war, machte der Herr (Brahma), der sein eigener Erzeuger und unsern Sinnen unfaßlich ist, die Welt mittelst der fünf Elemente und anderer Urstoffe wahrnehmbar; er erleuchtete sie mit dem reinsten Licht, zerstreute das Dunkel und schuf die Entwicklung der Natur. In seinen Gedanken beschloß er, die verschiedenen erschaffenen Gegenstände aus sich selbst hervorgehen zu lassen, und so schuf er zuerst das Wasser, in welches er einen Samen niederlegte. Dieser Same entwickelte sich zu einem goldglänzenden Ei, leuchtend wie der tausend-

strahlige Stern, und aus ihm wurde das höchste Wesen geboren in Gestalt des männlichen Brahma, des Ursprungs aller Dinge. Nachdem er in diesem Ei ein Götterjahr (etwas mehr als drei Billionen menschliche Jahre) geruht hatte, teilte der Herr bloß durch seinen Gedanken das Ei in zwei Teile und bildete daraus Himmel und Erde; zwischen diese legte er das Luftmeer, die acht Sternenhimmel (siehe Fig. 6 S. 58) und den unermeßlichen Raum für das Wasser. Sodann wurde die vergängliche Welt geschaffen, die von der ewigen ausgeht." Außerdem erschuf er eine Menge Götter und Geister und Zeiten. Das ewige Wesen und gleichzeitig alle lebenden Wesen haben abwechselnd Perioden von Wachen und Ruhen. Ein menschliches Jahr entspricht einem geistigen Tag. Zwölftausend Geisterjahre (jedes 360 irdische umfassend) bilden eine Götterperiode, zweitausend solcher Perioden entsprechen einem Brahmatag. Während der zweiten Hälfte dieses — 8640 Millionen Jahre langen — Tages schlummert Brahma und alles Leben; wenn er erwacht, befriedigt er seine Schaffenslust. Die Schöpfungs- und die Weltzerstörungsakte sind an Zahl unendlich, und das Ewige Wesen wiederholt sie gleichsam aus Spielerei.

Die Größe dieser indischen Philosophie liegt in der richtigen Konstruktion des Ewigkeitsbegriffes, welcher periodische Wechsel in der Naturentwicklung fordert. Im übrigen ist die Anschauung pessimistisch, indem die Entwicklung in jeder Periode als beständiger Rückgang, besonders in moralischer Hinsicht, betrachtet wird.

Diese pessimistische Auffassung, die wir schon in den ägyptischen Sagen und in der Vorstellung der klassischen Antike von einem ursprünglichen goldenen Zeitalter der Menschheit, sowie in der chaldäischen Sage von Paradies und Sündenfall wieder finden, steht im lebhaftesten Gegensatz zu der modernen Evolutionslehre, die sich auf den Ergebnissen der Naturforschung aufbaut. Nach dieser letzteren, die auch Vorgänger in der ägyptischen Sage und bei Homer hat, verbessern sich die Wesen (die Menschen) nach und

nach. Nur die kräftigsten und der Umgebung am besten Angepaßten ertragen nach der Evolutionslehre den Kampf ums Dasein, so daß beständig lebenstüchtigere Wesen auftreten.

In der oben wiedergegebenen Erzählung begegnen wir zum erstenmal der deutlich ausgesprochenen Ansicht, daß ein Gedanke oder Willensakt die Ursache von Arbeit oder von Materie sein kann, ohne daß deshalb irgendwelche vorherbestehende Energie oder Materie verbraucht würde, mit andern Worten, daß eine wirkliche Schöpfung aus dem Nichts möglich wäre. Dieser Glaube hat seitdem viele Anhänger gewonnen, die ihn der allen Völkern ursprünglich gemeinsamen Ansicht, daß nur eine Umbildung stattfand, bei weitem vorzogen. Indessen ist diese Meinung, daß etwas aus nichts entstehen kann (s. S. 2), nicht bloß vom naturwissenschaftlichen, sondern ebensosehr auch vom philosophischen Standpunkt aus unhaltbar. Es wird genügen, hier die unzweideutigen Äußerungen Spinozas und Herbert Spencers in bezug auf diese Frage zu erwähnen. Spinoza sagt im Vorwort zum dritten Teil seiner Ethik: „Die Gesetze und Regeln der Natur, nach welchen alles geschieht und alles sich von der einen Form zur andern umwandelt, sind immer und überall dieselben.“ In seinen Principles of biology sagt Spencer (Band I, S. 336 u. 344): „Manche glauben vielleicht, daß ein neuer Organismus aus nichts geschaffen wird; wenn dem so ist, so nimmt man eine Schöpfung von Materie, etwas vollkommen Unfaßbares, an. Diese Annahme setzt nämlich ein gedachtes Verhältnis voraus zwischen nichts und etwas, ein Verhältnis zwischen zwei Teilen, von denen der eine fehlt, ein Verhältnis, das ganz sinnlos ist. Das Erschaffen von Energie ist ganz ebenso undenkbar wie das Erschaffen von Materie.“ „Der Glaube an eine Schöpfung der Lebewesen ist eine Ansicht, die bei den Menschen in einer Zeit tiefster Finsternis entstand.“ Dieses letzte Urteil darf wohl etwas modifiziert wer-

den, da die Ansicht, eine Schöpfung aus nichts sei möglich, erst in einem ziemlich späten Entwicklungsstadium auftritt.

Die best ausgebildete aller Schöpfungssagen finden wir, eigentümlich genug, bei den alten Skandinaviern. Es mag sonderbar erscheinen; aber wir dürfen nicht vergessen, daß die Vorfahren der Nordländer ihre Wohnplätze in Skandinavien schon seit der Steinzeit, also während vieler tausend Jahre, innegehabt haben, und daß die Funde aus der Broncezeit auf eine besonders hohe Kultur in Skandinavien während dieses Zeitabschnitts hinweisen. Ohne Zweifel haben sie auch manche Gedanken von den antiken Kulturvölkern übernommen und selbständig verarbeitet.

Während bei den alten Chaldäern und Ägyptern, wie bei den meisten Urvölkern, das Wasser das hauptsächlichste Element war, aus dem die feste Erde sich als Gegensatz bildete, scheint bei unsern nordischen Vorfahren die Wärme das Wesentlichste gewesen, und ihr als Gegensatz die Kälte gesetzt worden zu sein. Nun spielt die Temperatur zweifellos die wichtigste Rolle in der physischen Welt, und demzufolge zeichnet sich die Schöpfungslehre der Nordländer in bezug auf Naturwahrheit vor all den früher genannten aus. Es ist wirklich wunderbar, wie schön diese Sage sich unsrer heutigen Auffassung anschließt. Manche Bestandteile derselben verraten orientalischen Ursprung oder die Aufnahme von Ideen aus der klassischen Antike; aber das für die nordische Schöpfungssage Charakteristische deutet auf eine ungewöhnlich intelligente Auffassung der Eigentümlichkeiten der Natur.

In der Darstellung folge ich hauptsächlich Viktor Rydbergs „Göttersage der Väter". Die Welt, in der wir leben, ist nicht von ewiger Dauer. Sie hat einen Anfang gehabt und wird ein Ende haben. Am Zeitenmorgen

„Gab's nicht Sand, nicht See.
Nicht kühle Wellen,
Und Himmel nicht darüber."

Den Raum (Ginnungagap) gab es, und an seinem nördlichen Teil entsprang die Quelle der Kälte, ihre Umgebung in frostige Nebel hüllend, — weshalb diese Gegend Nifelheim (Nebelwelt) genannt wird. Im Süden des Raumes entsprang die Quelle der Wärme, Urd. Mitten zwischen beiden floß die Quelle der Weisheit, Mimes Brunn. Von Nifelheim aus strömten nebelgraue Kältewogen hinaus in den Raum, wo sie auf die Wärmewellen aus Urdsbrunn trafen. Durch ihre Vermischung entstanden die Grundstoffe, aus welchen die Welt und später auch Götter und Riesen entsprossen. Aus dem leeren Raum, da wo Mimes Brunn lag, erwuchs aus seinem Samen der dem Menschenauge unsichtbare Weltenbaum Yggdrasil und sandte Wurzeln aus bis zu den drei Quellen.

Die Großartigkeit dieser Sage besteht darin, daß sie die bewohnte Welt von einer Wärme- und Kältequelle (den Sonnen und den Nebelflecken entsprechend) abhängig machte. Die bewohnte Welt liegt dazwischen und das Leben auf ihr beruht der modernen Auffassung gemäß auf der Zufuhr von Wärme von der heißen Sonne, und deren Abströmung nach den kalten Nebelflecken.

Die nordische Sage knüpft nun an die gewöhnliche Auffassung von der Erschaffung der Welt aus den Gliedern eines toten Körpers an. Ein Gott, Wotan (dem chaldäischen Marduk entsprechend), tötet den Riesen Ymer (entspricht Tiamat) und erschafft aus dessen Körper Himmel und Erde, aus dessen Blut das Weltmeer. Aber hier hat der Nordländer eine originelle Änderung gemacht. Ymers Glieder mußten erst zu Staub zermahlen werden, ehe sie als Träger lebender Wesen dienen konnten. Zu diesem Zwecke wurde die Grottenmühle gebaut, vom Wasser aus der Kältequelle getrieben, das durch eine Rinne in den Ozean ablaufen konnte. Das ist deutlich eine poetische Umschreibung der Verwitterung, durch welche die festen Gesteine mit Hilfe des Wassers zu Erde zerrieben werden. Die große Riesenmühle diente auch dazu, das Himmelsgewölbe mit seinen Fixsternen zu drehen.

Wie in der babylonischen Sage ein Meeresungeheuer, Oannes, mit Fischkörper, aber menschlichem Kopf, Armen und Füßen, den Wellen entstieg, die Menschen alle Arten Künste und Wissenschaften lehrte und dann wieder in der Tiefe verschwand, so kam der wunderbar schöne Feuergott Heimdall, den die Funken aus den Steinen der Riesenmühle gebaren, in Gestalt eines zarten, hellockigen Jünglings, in einem Boot zu den Menschen gefahren, um ihnen die Segnungen der Zivilisation zu bringen. In dem Boote brachte er eine Getreidegarbe, allerlei Werkzeug und Waffen. Er wuchs heran, wurde der Menschen Häuptling, gab ihnen mit seinem Feuerbohrer das Feuer, lehrte sie die verschiedenen Runen und Künste, wie Ackerbau, Viehzucht, Schmiedekunst und andere Handwerke, Brotbacken und Baukunst, sowie Jagd und Verteidigungskunst. Er gründete die Ehe, den Staat und den religiösen Kultus. Als sich Heimdall nach einer langen und weisen Regierung eines Wintertags zur ewigen Ruhe niederlegte, fand man am Strand dasselbe Boot, das ihn zu den Menschen geführt hatte. Heimdalls Leiche wurde von den dankbaren Menschen in das mit den Blumen des Rauhfrostes geschmückte Boot gelegt, das sie mit kostbaren Schmiedearbeiten und Geschmeide anfüllten. Es schoß hinaus ins Meer, von unsichtbaren Rudern gleich wie bei seiner Ankunft getrieben, und verschwand am Horizont, wo Heimdall in die Götterwohnungen aufgenommen wurde und in Gestalt eines strahlenden Götterjünglings wieder auflebte. Als Häuptling der Menschen folgte ihm sein Sohn, Sköld-Borger.

Während Sköld-Borgers Zeit hatte sich die Welt sehr verschlechtert, und gegen Ende derselben trat Balders, des Lichtgottes, Tod ein. Darauf kam der schreckliche Fimbul-Winter, als die Gletscher und Eisfelder das bis dahin bewohnte Land bedeckten, und die Ernten in dem eisfreien Teil immer schwächer wurden. Hungersnot herrschte und verleitete die Menschen zu den furchtbarsten Verbrechen. Es war das Zeitalter angebrochen, welches man mit „Sturm-

Zeit, Axt- und Messer-Zeit" bezeichnete, und mit dem Schwert in der Hand verdrängten die Nordländer ihre Stammverwandten aus deren Wohnplätzen, so daß diese sich weiter südlich neue suchen mußten. Nach einer gewissen Zeit verschwand der Fimbul-Winter mit seinem Eis.

Man sieht, daß diese Sage in anschaulicher Weise eine starke Klimaverschlechterung mit daraus folgender Vereisung des Landes und Auswanderung seiner Bewohner beschreibt. Kein Wunder daher, daß die Nordländer glaubten, ein neuer Fimbulwinter würde den Weltuntergang, Ragnarok, herbeiführen. Bei seinem Herannahen würde der unsichere Zustand der Gesetzlosigkeit zurückkehren. Die Riesen aus Frostland würden gegen die Götterwohnungen anstürmen, die Menschen vor Kälte, Hunger, Seuchen und Streit sterben. Die Sonne würde zwar denselben Bogen am Himmel beschreiben, ihr Glanz aber immer schwächer werden. Im ausbrechenden Streite zwischen den Riesen und den Göttern würden diese in Massen fallen, selbst der Feuergott Heimdall würde tödlich verwundet werden. Dann würde auch die Sonne erlöschen, das Himmelsgewölbe sich spalten, das Gebirge, das die Feuer der Tiefe gefesselt hält, bersten, und die Flammen das Schlachtfeld umzingeln. Aus dem Weltenbrand würde eine neue und bessere, mit herrlichem Grün bedeckte Erde hervorgehen. Hoddminnes Hain bei Mimes Brunn würde vom Weltenbrand nicht betroffen werden, und in seinen Schutz würden sich einige Götter und das Menschenpaar Leifthraser und Lif retten. Diese kehrten dann zur Erde zurück. Eine neue glücklichere, sorgenfreie Zeit, da die unbearbeitete Erde herrliche Ernten trägt, würde beginnen.

Diese bemerkenswerte Sage, auf die wohl Erzählungen der klassischen Antike und des Christentums eingewirkt haben mögen, entspricht ganz den modernen Vorstellungen vom langsamen Erlöschen der Sonne und daraus folgendem Abnehmen des Erdenlebens. Die Sonne (die Götter) wird dann zusammenstoßen mit der Welt der Kälte (den Riesen), dem Weltnebel und den darin eingeschlossenen erloschenen

Sonnen. Beim Zusammenstoß werden die von der festen Erdrinde eingeschlossenen Flammen ausbrechen und die Erde verheeren. Aber nach einiger Zeit wird sich eine neue Erde bilden, und das Leben (die Götter) wird von dem unsterblichen Baum Yggdrasil im Weltraum wieder zur Erde wandern.

Die wunderbar schöne und wahre Weltsage der Edda übertrifft alles weit, was in der gleichen Richtung von andern Naturvölkern hervorgebracht wurde. Es ist ja zweifellos, daß, wie die schöne Heimdallsage andeutet, die erste Zivilisation und damit auch die ursprünglichen Bestandteile der Schöpfungssage aus fremdem Lande, wahrscheinlich vom Morgenlande, über das Meer gekommen sind. Aber keine einzige Schöpfungssage zeigt auch nur annähernd eine so getreue Naturauffassung wie die nordische.

Im obigen habe ich versucht, eine Darstellung der Naturauffassung in den Zeiten zu geben, in welchen noch keine direkten Beobachtungen angestellt wurden, um Kenntnis vom Verlauf der Erscheinungen zu gewinnen. Die Naturwissenschaften kleiden sich unter solchen Verhältnissen in das Gewand der Mythe, auf einer höheren Stufe in den faltenreichen Mantel der Philosophie. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man anfängt, Beobachtungen und Erfahrungen zu sammeln. Da beginnt man, nach allgemeinen Regeln zu suchen, die in kurzer, einfacher Fassung die viel schwerfälligere und unübersichtliche Masse der Daten wiedergeben können, — mit andern Worten, die ordnende Tätigkeit des Theoretikers erweist sich als notwendig, um die Erfahrungen nutzbringend zu machen. Sobald man die ersten, vielleicht ungenauen Regeln gefunden hat, kann man anfangen, den Gang der Ereignisse vorauszusagen, und diese Weissagungen dann auf ihre Richtigkeit prüfen. Dadurch werden die gegebenen Regeln und infolgedessen auch die Naturerkenntnis immer mehr verbessert.

Anfangs war es die Kenntnis der Zeit, die für die Völker besonders wichtig und daher der Gegenstand ihrer sorgfältigsten Beobachtungen wurde. Daraus entstanden gewisse

Begriffe von der Natur der Himmelskörper, die man mit denjenigen der naheliegenden irdischen Körper offenbar vergleichen mußte. So bildeten sich allmählich die einfachsten astronomischen, physikalischen und chemischen Begriffe. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Zeiten werden nun die vornehmsten Repräsentanten der verschiedenen Anschauungen genannt und wir erhalten so einen wirklichen historischen Überblick über die Entwicklung der Begriffe.

Die im folgenden behandelten Anschauungen vom Weltall fallen in die historische Zeit, im Gegensatz zu den bisher erzählten, die der Sagenzeit angehören. Natürlich gibt es keine scharfe Grenze zwischen beiden.

IV.

Die Weltanschauung der Gelehrten in alten Zeiten.

Die am tiefsten stehenden Völkerschaften hatten kein Bedürfnis nach einer Zeitrechnung, daher auch keine Veranlassung, in der Natur nach einem Zeitmaß zu suchen. Die ältesten Menschen lebten ohne Zweifel von Jagd und Fischfang. Nur wenn der Hunger sie trieb, in Ermanglung von Jagdbeute andere Nahrung zu suchen, lernten sie auch Waldbeeren und eßbare Wurzeln schätzen. Aber diese waren nur Notbehelf; vielleicht mußten die Frauen öfter ihre Zuflucht dazu nehmen, denn die Männer gaben ihnen schwerlich mehr als den Überschuß vom erlegten Wildpret und den gefangenen Fischen. Die Volksstämme mußten deshalb dem Wilde auf seinen Wanderungen folgen und dachten zunächst nur an den Tagesbedarf. Nicht viel anders wurde es, als die Menschen, um sich eine gleichmäßigere Nahrungszufuhr zu sichern, lernten, das wichtigste Wild zu zähmen. Dasselbe bedurfte zu seiner Ernährung beständig neuer, mit den Jahreszeiten wechselnder Weideplätze, und so wurde der Aufenthaltsort der Nomadenvölker durch ihr Vieh bestimmt, nicht umgekehrt.

Ganz anders wurden die Verhältnisse, als die zunehmende Volksmenge zu einem regelmäßigen Anbau des Erdbodens zwang. Da wurde es notwendig, feste Wohnplätze zu behalten und zu bestimmten Jahreszeiten die Feldarbeiten vorzunehmen, die den eigentlichen Endzweck, das Einbringen der Ernte, vorbereiten sollten. Da der Wechsel der Jahres-

zeiten auf der veränderten Stellung der Sonne zur Erde beruht, so war es erwünscht, dieselbe näher kennen zu lernen. Indessen fand man bald, daß es viel leichter war, die verschiedenen Auf- und Untergangszeiten der Sterne in den verschiedenen Jahreszeiten genau zu beobachten. Schon frühzeitig mußte der regelmäßige Wechsel zwischen Neumond und Vollmond wegen der Kürze der Periode, 29,53 Tage, die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich gelenkt haben, als besonders geeignet zu Zeitbestimmungen von kürzerer Dauer. Auf diese Periode gründete man die Länge des Monats, die man gleichmäßig auf 30 Tage abrundete. Diesen teilte man wieder in drei Teile, jeden von zehntägiger Dauer. Die Länge des Jahres umfaßte etwa 12 Monate, so daß seine Dauer ursprünglich auf 360 Tage festgesetzt wurde.

Die Chaldäer fanden bald, daß sich unter den Sternen einige wenige, und unter diesen gerade die leuchtendsten, nicht so gut wie die andern, die sogenannten Fixsterne, zur Bestimmung der Jahreszeiten eigneten. Diese unregelmäßigen Himmelslichter nannte man Wandelsterne oder Planeten, und sie unterscheiden sich von den übrigen Sternen, die ihre gegenseitige Lage ungestört behalten, dadurch, daß sie wie Sonne und Mond aus einem Sternbild ins andere wandern. Solche Wandelsterne wurden in erster Linie, wie Sonne und Mond, Gegenstand der göttlichen Anbetung. Vermutlich gehen die ältesten regelmäßigen Beobachtungen der Chaldäer am Sternenhimmel auf 4000—5000 Jahre vor unserer Zeitrechnung zurück; nach der Vorstellung der Römer und Griechen sogar auf mehrere hunderttausend Jahre. So gibt der große Astronom Hipparchos 270000 und Cicero 470000 Jahre an, natürlich eine sehr phantastische Schätzung.

Kallisthenes sammelte für Aristoteles derartige Beobachtungen, die sich bis 2300 Jahre vor unsere Zeitrechnung erstrecken. Die chaldäischen Priester notierten auf Tontafeln Nacht für Nacht die Stellung und den Glanz der Sterne, sowie die Zeiten ihres Auf- und Unterganges und höchsten Standes am Himmel. Die sogenannten Fixsterne haben eine

so regelmäßige Bewegung, daß ihre Stellung mit vollkommener Genauigkeit für die Zukunft vorausgesagt werden konnte. Auch die Stellung der Sonne, wenn sie im Lauf des Jahres am Tierkreis entlang wandert, ist besonders regelmäßig, sie schreitet täglich nahezu um einen Grad weiter, und daher kam es, daß die Chaldäer den Kreis in 360 Grade einteilten. An der Stellung des Mondes fand man ebenfalls eine auffallende Regelmäßigkeit, deren Entdeckung vermutlich tausende von Jahren umfassende Beobachtungen erforderte. Nach 223 synodischen Mondumläufen oder $6585^1/_2$ Tagen (= 18 Jahre und 10—11 Tage) kehrt der Mond in eine fast vollkommen gleiche Lage in bezug auf Erde und Sonne zurück. Wenn also zu einer bestimmten Zeit eine Mondfinsternis eintritt, so kann man voraussagen, daß dieselbe nach Verlauf der genannten Periode (die man den Saros-Zyklus nennt) wieder eintreffen wird. Dasselbe gilt für Sonnenfinsternisse, obwohl hier die Voraussagung nicht ganz so zuverlässig ist. Da Verfinsterungen, besonders der Sonne, nicht bloß auf die Menschen, sondern auf die ganze lebendige Natur den tiefsten Eindruck machen, so war es nicht zu verwundern, daß das Ansehen der sternkundigen Priester sich im höchsten Grade steigerte, als sie diese Naturerscheinungen richtig prophezeiten. Die Astronomen müssen sich schon sehr frühzeitig klar gemacht haben, daß die Sonnenfinsternisse auf der Stellung des Mondes zwischen Erde und Sonne beruhen. Von dieser Beobachtung geleitet, müssen sie auch etwas später zu der Einsicht gekommen sein, daß Mondfinsternisse dadurch verursacht werden, daß der Mond in den Schatten der Erde eintritt. Da nun dieser Schatten auf dem Monde einen kreisförmigen Rand zeigt, so mußte man daraus den Schluß ziehen, daß die Erde rund sei. Aber da der Erdschatten auf dem Monde kreisförmig ist, welche Seite die Erde auch dem Monde zuwenden mag, so mußte man den weiteren Schluß daraus ziehen, daß die Erde wie eine Kugel, nicht wie eine Scheibe rund sei. Diese Beobachtungen gaben also den Anlaß dazu, sich eine richtige Vorstellung

von der Form der Erde und ihrer nahen Beziehung zu Sonne und Mond als Himmelskörper zu bilden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Chaldäer Gradmessungen ausgeführt haben. Achilles Tatios, ein griechischer Schriftsteller aus Alexandria im fünften Jahrhundert n. Chr. erzählt, daß die Chaldäer behaupteten, ein Mann, der ohne Aufenthalt gehen könnte, würde bei einer Geschwindigkeit von 30 Stadien (oder etwa 5 km) in der Stunde rund um die Erde herum ein Jahr brauchen. Der Umfang der Erde würde nach dieser Schätzung ungefähr 43800 km betragen, was ja annähernd richtig ist.

Weiter dürften die Chaldäer in ihren Vorstellungen vom Weltenbau nicht gekommen sein. Die Bewegungen der Wandelsterne waren ja sicherlich auch in gewisser Hinsicht regelmäßig, aber man konnte für ihre Stellung keine Gesetze aufstellen. Man glaubte daher, sie hätten mehr freien Willen und ihr Erscheinen bedeute glückliche oder unglückliche Umstände bei menschlichen Unternehmungen, Geburt, Tod und daraus folgenden Erbschaftsangelegenheiten. Daß diese glücklichen oder unglücklichen Vorbedeutungen sich erfüllten, konnte unmöglich verhindert werden, aber durch Beschwörungen, Bitten und Opfer war es denkbar, ihre Wirkung zu mildern, vor allen Dingen aufzuschieben. Die sternkundigen Priester, die allein diese Mittel kannten, bekamen dadurch eine unerhörte Macht über Fürsten und Volk. Dieser Glaube beherrschte die abergläubische Menschheit bis vor wenigen Jahrhunderten und verhinderte das Suchen nach einer natürlichen Erklärung der wechselnden Erscheinungen und damit auch fast jede wissenschaftliche Forschung.

Zum Messen kürzerer Zeiten benutzten die Chaldäer die Wasseruhr, Clepsydra, und den Sonnenzeiger, Polos, einen vertikalen Stab mit darunterliegender konkaver, halbkugelförmiger, in Kreise eingeteilter Tafel vom Radius des Stabes. In der Wasseruhr muß das Wasser oder eine andere Flüssigkeit aus einem großen Behälter durch eine sehr kleine Öffnung

auslaufen, und die verflossene Zeit wird durch Wägen der ausgelaufenen Wassermenge bestimmt. Der Polos diente zum Feststellen der Nordsüdlinie, des Winter- und Sommersonnenstandes, der Lage der Weltaxe, sowie der Zeiten der Tag- und Nachtgleiche, die man aus der Länge des Schattens zur Mittagszeit bestimmte. Die Funde von Bergkristallinsen in den mesopotamischen Ruinenstädten zeigen, daß die Gelehrten gute optische Kenntnisse besassen; — in andern Wissenszweigen scheinen sie es nicht weit gebracht zu haben.

Nach der ägyptischen Sage hat der Gott Thot die Menschen Astronomie, Wahrsage- und Zauberkunst, Medizin, Schreiben und Zeichnen gelehrt. Der Gang der Sonne und der Wandelsterne durch die sechsunddreißig Sternbilder des Tierkreises, deren jedes einer Dekade entsprach, wurde in Tabellen aufgezeichnet, die seit den ältesten Zeiten von den Priestern im Tempel des Sonnengottes Ra gesammelt wurden. Nach und nach wurden Astronomen auch an den Tempeln der andern Götter angestellt und diese hatten als „Wächter der Nacht" auf die Erscheinungen am Himmel genau achtzugeben und sie zu notieren. Sie zeichneten sogar Sternkarten, die sich, wie ihre Tabellen, teilweise bis in unsere Zeit erhalten haben. Die Zeitrechnung gründete sich auch in Ägypten darauf, daß das Jahr aus zwölf Monaten von je 30 Tagen bestünde. Es fing Anfang August an. Um das Jahr auf 365 Tage zu bringen, wurden am Jahresschluß „fünf Extratage" zugelegt. Die fünfunddreiviertel Stunden um die ein Sonnenumlauf 365 Tage überschreitet, verursachten beständige Verschiebungen, die zuweilen auf Grund astronomischer Beobachtungen, besonders des „Hundsterns" Sirius ausgeglichen wurden.

Wie man aus dieser Darstellung sieht, war die ägyptische Chronologie in gewisser Hinsicht unserer heutigen überlegen. Während nämlich alle Monate die gleiche Länge von 30 Tagen hatten, herrscht in unserm Kalender ein unvernünftiger Wirrwarr von Monaten mit 28—31 Tagen. Bekanntlich hatte der

Februar ursprünglich 30 Tage, aber einer davon wurde weggenommen und dem Juli zugelegt, um damit Julius Cäsar zu ehren. Augustus wollte nicht schlechter wegkommen und ließ einen weiteren Tag vom Februar wegnehmen, um ihn dem August zuzulegen. In den Augen der Nachwelt müßte dieses Verfahren eine der beabsichtigten entgegengesetzte Wirkung haben.

Den Schwierigkeiten, die in Ägypten dadurch entstanden, daß ein Sonnenumlauf nicht genau 365 Tage beträgt und die sich im Lauf der Zeit noch steigerten, wurde ursprünglich durch gelegentliche Verschiebungen im Kalender abgeholfen; dadurch erreichte man, daß die Überschwemmungsperiode des Nil auf den Anfang des Jahres fiel. Da dieses Verfahren indessen ziemlich willkürlich war, so wurde unter den Ptolemäern das Schaltjahr (von 366 Tagen, jedes vierte Jahr) festgesetzt. Diese Kalenderreform wurde etwas später in Rom auf Befehl von Julius Cäsar, der darin vom griechisch-ägyptischen Astronomen Sosigenes unterstützt wurde, eingeführt. Der so verbesserte Kalender wurde deshalb der julianische genannt. Er erwies sich indessen im Lauf der Zeiten als mangelhaft, weshalb im Jahr 1582 auf Befehl des Papstes Gregor des Dreizehnten ein neuer Kalender eingeführt wurde, dessen Fehler nur einen Tag im Lauf von 3000 Jahren ausmacht.

In Ägypten genossen die Sternkundigen ein außerordentlich hohes Ansehen. Ihre Kenntnisse erstreckten sich nicht nur auf die Astronomie, in der sie die Chaldäer kaum übertroffen haben mögen, sondern auch auf Medizin und Chemie, in welchen Wissenschaften sie jenes Volk vermutlich weit überholt haben. Der Rat ägyptischer Ärzte wurde auch von asiatischen Fürsten, wie vom König von Bakhtan, eingeholt. In spätern Zeiten benutzten auch die Perserkönige deren medizinische Kenntnisse. Homer rühmt die ägyptischen Ärzte als die geschicktesten ihrer Zeit. Manche von ihren Rezepten haben sich bis heute erhalten. Ihre ärztlichen Mittel und Vorschriften zur Wiedererlangung der Gesundheit finden sich teilweise wortgetreu wiedergegeben in den lateinischen Versen,

die im Mittelalter an der vornehmsten medizinischen Fachschule, der Universität von Salerno, gelehrt wurden. Dadurch sind sie teilweise in die Volksmedizin aufgenommen und bis in unsere Zeit aufbewahrt worden. Ihre Medizinen scheinen den widrigen Mixturen ziemlich ähnlich gewesen zu sein, die heute noch in chinesischen Apotheken feilgeboten werden.

Aber vor allen anderen ägyptischen Wissenschaften wird die Weissagungs- und Zauberkunst gepriesen. Man behauptete, daß die ägyptischen Gelehrten durch das Aussprechen bestimmter geheimer Formeln imstande wären, das Wasser der Flüsse zu ihren Quellen zurückzuführen, oder die Sonne zu vermögen, daß sie stillstände oder ihren Lauf beschleunige, oder Menschen- und Tierbilder zu beleben, die aus geweihtem Wachs angefertigt waren. Sie hatten Zutritt zum Hof, wo sie oft unter dem Titel „Meister der Geheimnisse des Himmels“ angestellt waren. Ihr Rang war ebenso hoch wie derjenige der Chefs der Leibgarden, oder der „Geheimräte“ („Meister der Geheimnisse des Königshauses“.) Wie diese und im Gegensatz zum niedern Hofvolk durften sie ihre Sandalen im Innern des königlichen Palastes anbehalten und genossen die hohe Ehre, Pharao aufs Knie statt auf die Füsse küssen zu dürfen. Als Abzeichen durften diese Großwürdenträger Pantherfelle (unserm Hermelin entsprechend) tragen.

Als Beweis dafür, was das Volk alles diesen Gelehrten zutraute, sei — nach Maspero — folgendes erzählt. Cheops fragte einen von ihnen: „Ist es wahr, daß du einen abgeschlagenen Kopf wieder auf den Körper festsetzen kannst?“ Da die Frage bejaht wurde, befahl der Pharao, man solle einen Gefangenen aus dem Gefängnis kommen lassen, um mit ihm einen Versuch zu machen. Der Hofastrolog erwiderte ganz menschlich, es wäre schade, einen derartigen Versuch mit einem Menschen zu machen, ein Tier wäre auch gut genug. Da nahm man eine Gans, hieb ihr den Kopf ab legte diesen auf die eine, den Körper auf die andere Seite

des Zimmers. Der Astrolog sagte einige Zauberformeln her, die er aus seinen Zauberbüchern gelernt hatte; der Gänsekörper fing an, dem Gänsekopf entgegen zu springen, der sich auch auf ihn zu bewegte, darauf vereinigten sie sich miteinander, und die Gans fing an zu schnattern. Natürlich mußte, wie in den meisten Sagen, die Sache dreimal gemacht werden; man wiederholte sie daher mit vollkommenem Erfolg an einem Pelikan und einem Stier. Die Prinzen und Pharao selbst ließen sich oft von dem Hofastrologen in seinen Wissenschaften und Zauberkünsten unterweisen.

Die Ägypter betrieben eine ziemlich entwickelte Seefahrt auf dem mittelländischen und roten Meer. Dabei benutzten sie ihre Sternkenntnis zur Bestimmung des Kurses, ganz wie Homer von Odysseus singt, als dieser von der Insel der Kalypso nach Korfu fuhr. Ohne Zweifel beschränkte man sich soviel wie möglich auf die Küstenfahrt, besonders ehe man größere Erfahrung gewonnen hatte, aber auch da mag der Sturm manches Fahrzeug ins offene Meer hinaus getrieben haben. Die Seeleute mußten daher die Beobachtung machen, daß, wenn sie sich dem Land näherten, die Küste sich allmählig hinter den Wellen erhöhte, und daß man das Land von den Masten aus früher sah, als von Deck aus. Ebenso beobachteten zweifellos die Zuschauer auf dem Lande, die einem fortsegelnden Fahrzeug mit den Blicken folgten, daß dessen tieferen Teile zuerst vom Meer verdeckt wurden und zuletzt die Mastspitzen. Es ist klar, daß die Seeleute und Küstenbewohner dadurch zu der Vorstellung kamen, daß die Meeresoberfläche nach oben gewölbt und wahrscheinlich kugelförmig sei.

Viele Naturforscher waren mit dem schottischen Astronomen Piazzi Smyth der Ansicht, daß die Ägypter beim Bau der großen Cheospyramide (etwa 3000 v. Chr.) in deren Plan einen, nur den Erleuchtetsten unter ihnen bekannten, Teil ihrer wissenschaftlichen Erfahrungen niedergelegt hätten. Die Pyramide ist, wie andere Bauten derselben Art, so angelegt, daß die Seiten ihrer genau quadratischen Basis gerade von

Osten nach Westen, sowie von Norden nach Süden gehen, mit einem Fehler von nur $^1/_{750}$. Die Pyramide liegt sehr nahe am 30. Breitengrade, nur etwa 2 km südlich davon. In der Mitte der Nordseite ist ein Eingang, der zu einem langen, schmalen, 30 Grad gegen den Horizont geneigten Gang führt, der somit nahezu parallel mit der Rotationsaxe der Erde läuft. Die Längsrichtung des Ganges weist also gerade nach dem Himmelspol, und das um so mehr, als dieser durch die Lichtbrechung der Atmosphäre eine Spur über den Horizont gehoben erscheint. Ohne Zweifel haben darum die Ägypter, wie man aus der Lage dieses Ganges wie der genauen Richtung der Pyramidenseiten nach Nord und Süd schließen kann, schon ungefähr 3000 Jahre vor unserer Zeitrechnung weitgehende mathematische und astronomische Kenntnisse besessen. Jedoch sind die Ansichten Piazzi Smyths und seiner Gesinnungsgenossen in dieser Beziehung stark übertrieben. Die Höhe der großen Pyramide war ursprünglich 145 m, und ihr Umfang längs der 4 Seiten 931 m. Das Verhältnis zwischen diesen Größen ist wie 1:6,42 oder etwas über 2% weniger als die Verhältniszahl 1:6,28 zwischen dem Umfang und dem Radius eines Kreises. Hieraus schloß Smyth, offenbar ohne zureichenden Grund, daß man in dem Verhältnis der Höhe zum Umfang der Pyramide dasjenige zwischen Umfang und Radius eines Kreises ausdrücken wollte.

Ein schwerer Nachteil der ägyptischen Wissenschaft war es, daß sie niemals Eigentum des Volkes wurde. Die Kultur dieses Volkes hätte, wenn dies der Fall gewesen wäre, zweifellos einen noch höheren Grad erreicht, als den wir jetzt bewundern, und dadurch wäre vielleicht auch unsere Kultur um einiges höher geworden als sie jetzt ist. In der Blütezeit der ältesten griechischen Kultur, 400—600 Jahre vor unserer Zeitrechnung, war Ägypten das allererste Kulturland, und die jungen Griechen, die sich im höchsten Wissen ihrer Zeit ausbilden wollten, wie Thales, Pythagoras, Demo-

krit und Herodot, besuchten das alte Land am Nil, um ihren Wissensdurst an seinen Weisheitsquellen zu löschen. Und die höchste Blütezeit der Wissenschaft im Altertum traf auf die Zeit der Ptolemäer in Alexandrien, wo die griechische Kultur mit der alten ägyptischen auf deren klassischen Boden verschmolz.

Von Thales von Milet, der 640—550 v. Chr. lebte, wird erzählt, daß er eine Sonnenfinsternis voraussagte, wodurch er die größte Aufmerksamkeit auf sich zog. Ohne Zweifel hatte er in Ägypten die Kunst, Verfinsterungen zu berechnen, erlernt. Auch seine Lehre, daß das Wasser das Urelement aller Dinge sei, deutet auf ägyptische Vorstellungen vom ursprünglichen Weltenzustand zurück. Anaximandros (611 bis 547 v. Chr.), vielleicht ein Schüler Thales', lehrte, daß eine unendliche Zahl von Weltkörpern sich aus einer unendlich ausgedehnten chaotischen Mischung der Elemente herausgebildet hätte. Ein anderer Philosoph, der, wie Thales, der sogenannten jonischen Schule angehörte, Anaximenes (etwa 500 v. Chr.) betrachtete die Luft als das Urelement. Durch Verdichtung der Luft entstand die Erde, die er sich scheibenförmig und auf einer zusammengepreßten Luftmasse ruhend vorstellte. Eine ähnliche Gestalt schrieb er der Sonne, dem Mond und den Sternen zu, die sich um die Erde bewegten. In den Lehren des Anaximenes' finden wir keine Spur der ägyptischen Weisheit.

Bei Pythagoras, der in der zweiten Hälfte des sechsten Jahrhunderts lebte, (etwa 560—490 v. Chr.) und die nach ihm benannte Schule gründete, finden wir wiederum einen starken Anklang an ägyptische Gelehrsamkeit. Er war auf der Insel Samos geboren, zog aber nach Kroton in Süditalien hinüber. Wie die ägyptischen Gelehrten, suchte auch er seine Weisheit im Kreise der Jünger geheim zu halten. aber die Schüler waren von einer mehr westländischen Gesinnung und ließen die Geheimnisse durchsickern. Leider haben wir doch nur aus zweiter oder dritter Hand Kenntnis von den (meist dem Philolaos zugeschriebenen) Ansichten dieser Naturforscher

erhalten. Danach könnten alle Verhältnisse in der Welt durch Zahlen ausgedrückt werden, und in diesen bestände eine strenge Gesetzmäßigkeit, die man Harmonie nannte, weil man sie mit der Gesetzmäßigkeit verglich, die zwischen der Höhe der verschiedenen musikalischen Töne herrscht. Die Welt erstrecke sich gleichförmig überallhin, bilde also eine Kugel. In ihrer Mitte läge das Zentralfeuer, das wir indessen nicht sehen könnten, da wir uns auf der vom Feuer abgewandten Seite der Erde befänden, dessen Abglanz wir aber in der Sonne erblicken. Um das Zentralfeuer bewegen sich Erde, Mond, Sonne und Planeten, von denen man später annahm, daß sie der Erde glichen und auch eine Atmosphäre hätten. Die Erde ist rund und geht in einem Tage um das Zentralfeuer herum, — in gewisser Weise dreht sie sich also in 24 Stunden um ihre Achse, während der Mond seine Bahn in einem Monat, die Sonne die ihrige in einem Jahre beschreibt. Die Umlaufszeiten dieser drei Himmelskörper waren ziemlich genau bekannt. Wenn die Pythagoräer die Sonne an Stelle des Zentralfeuers gesetzt hätten, so würden sie einen ziemlich richtigen Begriff vom Sonnensystem gehabt haben. Was den Fixsternhimmel betrifft, so sahen sie auch diesen als eine gewaltige, hohle, sich ebenfalls um das Zentralfeuer drehende Kugel an. Da sie ferner glaubten, daß die Erde sich in einem Tage um ihre Achse dreht, so war jene erste Annahme nicht bloß überflüssig, sondern auch ganz inkonsequent.

Allmählich gewann die Lehre der Pythagoräer an Klarheit. Man ging auf die physischen Ursachen der Erscheinungen näher ein. Heraklit von Ephesos lehrte (etwa 500 v. Chr.), daß nichts vollkommen unveränderlich sei. Der Sizilianer Empedokles (ungefähr 450 v. Chr.) kam zu dem unserer modernen Anschauung vollkommen entsprechenden Satz, daß ein wirkliches Entstehen aus nichts (eine Schöpfung) nicht stattfinden könne, und daß ebenso die Vernichtung von irgend etwas Materiellem unmöglich sei. Alle Dinge sind aus den vier Elementen Erde, Luft, Feuer und Wasser zusammengesetzt. Wird ein Körper scheinbar vernichtet, so

beruht das nur darauf, daß sich seine Zusammensetzung (das Mischungsverhältnis der vier Elemente in ihm) verändert. Der Lehrer des Perikles, Anaxagoras, der, ungefähr 500 v. Chr. in Kleinasien geboren, nach dem Perserkrieg nach Athen übersiedelte, wandte diese Ansicht auf das Weltall an, dessen ewige Dauer er lehrte. Das ursprüngliche Chaos hatte allmählich bestimmte Formen angenommen: die Sonne war ein kolossaler glühender Eisenklumpen und auch die andern Sterne waren glühend — infolge der Reibung gegen den Äther. Da die Athener die Sterne für göttliche Wesen hielten, wie man bei Plato und Aristoteles lesen kann, so wurde Anaxagoras auf die Angabe eines seiner Jünger, Kleanthes, als Gottesleugner angeklagt und ins Gefängnis geworfen. Er entging dem Schicksal des Sokrates nur durch Perikles' kräftiges Eingreifen. Er ging darauf vorsichtigerweise in freiwillige Verbannung und starb allgemein geehrt in Lampsakos im Alter von 72 Jahren. Man erhält eine recht eigentümliche Vorstellung von der hochgepriesenen Zivilisation in Athen, wenn man liest, wie von ihren hervorragendsten Söhnen einer nach dem andern in die Verbannung ging, um der Strafe (oft Todesstrafe) für seine philosophischen Ansichten zu entgehen. Sokrates mußte den Giftbecher leeren, weil er die Flucht verschmähte; nach seinem Tode hielt sich Plato 12 Jahre lang in der Fremde auf, um das Schicksal des Meisters nicht teilen zu müssen, und wurde in Italien mit den pythagoräischen Lehren bekannt. Aristoteles, Platos Schüler, wurde von einem Demeter-Priester der Lästerung angeklagt und vom großen Rat (Areopag) zum Tode verurteilt, konnte sich aber zu rechter Zeit nach Chalkis auf Euböa retten und starb in der Verbannung im Alter von 63 Jahren (322 v. Chr.). Ebenso ging Diagoras, der das Dasein der Götter leugnete, in die Verbannung, nachdem er zum Tode verurteilt worden war, und der Philosoph Protagoras, dessen Schriften öffentlich verbrannt wurden, wurde des Landes verwiesen. Prodikos, der behauptete, die Götter seien Personifikationen von Naturkräften, wurde hingerichtet. —

Alles das in dem Athen, das von uns so oft als Hort der Freiheit gepriesen wird. Die Sklaverei hatte bei den Athenern auch eine ungewöhnliche Ausdehnung. Es ist sehr zu beklagen, daß die meisten Schriften, die uns aus alter Zeit erhalten sind, von diesem der Naturforschung so wenig zugänglichen Volk herstammen. Es ist nämlich nicht unwahrscheinlich, daß die dortselbst lebenden Philosophen ihre Äußerungen in Unklarheit hüllten, um sich nicht der Verfolgung der fanatischen Menge auszusetzen.

Nach Empedokles und Anaxagoras kam Demokritos, der Begründer der von uns übernommenen atomistischen Auffassung. Er war in Abdera in Thrakien geboren, etwa 40 Jahre nach Anaxagoras' Geburt. Er starb auch daselbst in sehr hohem Alter. Sein großes ererbtes Vermögen verwandte er zu Studienreisen und sagt von sich selbst, daß unter all seinen Zeitgenossen keiner so viel von der Welt gesehen, in so verschiedenen Klimaten gelebt und so viele Philosophen gehört hätte wie er. Niemand, nicht einmal die Mathematiker Ägyptens, unter denen er volle fünf Jahre gelebt hatte, konnte ihn in geometrischen Konstruktionen und Beweisen übertreffen. Er war wahrscheinlich der größte Denker der alten Zeit, aber von seinen zahlreichen Schriften sind nur unbedeutende Fragmente zu unserer Kenntnis gelangt. Er glaubte, daß die Atome sich in beständiger Bewegung befinden, ewig und unzerstörbar sind; durch Vereinigung der Atome entstehn alle Körper, und alles was geschieht, wird von unveränderlichen Naturgesetzen beherrscht. Nach Demokrit ist die Sonne von ungeheurer Größe und besteht die Milchstraße aus sonnenähnlichen Sternen. Die Anzahl der Welten ist unendlich; sie sind einer langsamen Veränderung mit Untergang und Wiedergeburt unterworfen.

Was wir von diesem Philosophen wissen, ist größtenteils durch die Vermittlung athenischer und anderer Philosophen zu unserer Kenntnis gelangt, die, wie Aristoteles (385—323 v. Chr.), sich diesen Lehren widersetzten. Sokrates sagt, daß Astronomie unmöglich zu verstehen und es unklug sei, sich

damit zu beschäftigen. Plato (428—347 v. Chr.) sprach den Wunsch aus, die 72 Schriften des Demokrit zu verbrennen. Platos Behandlung der Naturwissenschaften war teleologisch, also nach unserer Ansicht im Prinzip unrichtig. Man darf mit vollem Recht bezweifeln, ob er imstande war, die Lehren der großen Naturforscher richtig aufzufassen. Die Philosophie ging damals in eine uns ganz unbegreifliche Metaphysik über. Als Ursache dafür, daß der Himmel kugelrund und die Sternenbahnen kreisförmig seien, führt Aristoteles, beispielsweise, an: „der Himmel ist ein göttlicher Körper, muß also diese Eigenschaften besitzen.“ Die Planeten, sagt er, können sich nicht von selbst bewegen, denn sie haben kein Bewegungsorgan. Die im Mittelpunkt der Welt stehende Erde hielt er ganz richtig für kugelförmig, wegen der Form des Erdschattens bei Mondfinsternissen, aber er bestritt, daß sie sich bewege. Von der Erde sagt Plato, sie sei das älteste göttliche Wesen innerhalb des Himmels. Wenn die großen Meister solche Ansichten äußerten, kann man sich denken, was von den andern zu erwarten war. Ein mächtiger Wortschwall ohne naturwissenschaftlichen Inhalt ist der vorherrschende Zug. Die Sophisten machten sich zur Aufgabe, alles und jedes zu beweisen, ohne vorher etwas davon zu wissen. Es waren die Schriften derartiger Philosophen, die auf das Mittelalter übergingen und da fast göttliche Verehrung genossen. Die Ansichten des Aristoteles hielt man für unfehlbar. Sie drückten der Denkweise des Mittelalters in bezug auf die Natur ihr verhängnisvolles Gepräge auf — man erinnere sich nur der sonderbaren Spekulationen der Scholastiker — und hinterließen tiefe Spuren in der wissenschaftlichen Denkungsart, die noch bis vor wenigen Jahrzehnten allgemein herrschend war.

Gesünder entwickelte sich die Naturforschung in Syrakus und Alexandria. Von Hicetas von Syrakus sagt Cicero, daß er behauptete, der Himmel stünde still, aber die Erde drehe sich um ihre Achse. Wir wissen nichts mehr von ihm, desto mehr von seinem großen Landsmann Archimedes (287—212

v. Chr.). Dieser große Entdecker und Ingenieur begründete die Lehre vom Gleichgewicht in der Mechanik. Er lehrte, daß eine Flüssigkeit im Gleichgewicht kugelrunde Form annimmt und einen Schwerpunkt hat, gerade wie die Erde. Aus diesem Grund ist die Meeresoberfläche nicht eben.

Eine klare Vorstellung von der Gestalt und Stellung der Erde im Weltall zu schaffen, glückte schließlich den Naturforschern von Alexandria. Eudoxus von Knidos (409—356 v. Chr.) lehrte in Ägypten und gründete später eine Schule in Athen; er gab ein konsequentes System der Planetenbewegungen. Eratosthenes beobachtete in Alexandria (275 bis 194 v. Chr.) die Mittagshöhe der Sonne sowohl beim Sommer- wie beim Wintersonnenstand. Daraus berechnete er, daß der Abstand zwischen den Wendekreisen $^{11}/_{83}$ vom Umfang der Erde beträgt (dieser Wert ist etwas über ein Prozent zu hoch). Durch Sonnenhöhenbestimmungen in Alexandria und Syene in Ägypten fand er die Breitendifferenz zwischen diesen Orten gleich einem $^{1}/_{50}$ des Erdumfangs (dieser Wert ist ungefähr 15 Prozent zu niedrig). Die Entfernung zwischen beiden Orten schätzte er nach der Zeit, die eine Karawanenreise mit Kamelen brauchte, und berechnete daraus den Umfang der Erde auf etwa 250000 Stadien (42000 km), also ziemlich gut (Aristoteles schätzte denselben auf 400000 Stadien, Archimedes auf 300000; aus welchen Gründen wissen wir nicht). Poseidonios (geb. in Syrien 135, gest. in Rom 51 v. Chr.) maß in Alexandria die größte Höhe des Sternes Canopus und fand sie 7,5 Grad, während dieser Stern auf Rhodos am Horizont stand, wenn er am höchsten war. Der Abstand zwischen Rhodos und Alexandria wurde verschiedentlich zwischen 5000 und 3750 Stadien angegeben, woraus sich der Umfang der Erde auf 240000 bis 180000 Stadien berechnet (40000 bis 30000 km).

Aristarchos (geb. etwa 270 v. Chr.) bestimmte die Größe der Sonne und des Mondes aus Beobachtungen bei Finsternissen und aus der Stellung des Mondes, wenn er genau zur Hälfte beleuchtet war. Für den Monddurchmesser fand er

0,33 desjenigen der Erde (richtiger Wert ist 0,27 — 0,33 also ziemlich nahe); für die Sonne dagegen 19,1 (richtig wäre 108, demnach war Aristarchos' Wert viel zu klein).

Archimedes, der mit der alexandrinischen Schule in naher Berührung stand, erzählt von Aristarchos: „Er nimmt an, daß die Fixsterne und die Sonne stillstehen, die Erde aber

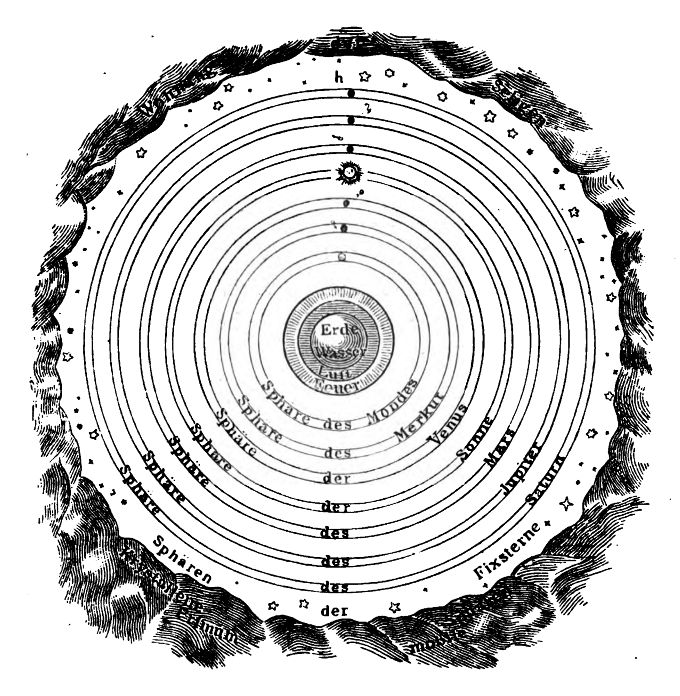


Fig. 6. Das Ptolemäische Weltsystem.

sich in einem Kreise um die Sonne, die im Mittelpunkt der Erdbahn steht, bewegt." In einer Schrift, die man fälschlich Plutarch zuschrieb, wird gesagt, Griechenland müßte Aristarchos der Lästerung anklagen, denn er lehre, der Himmel sei unbeweglich, während die Erde sich um ihre Achse und gleichzeitig längs der Ekliptik um die Sonne bewege. Die Fixsterne lägen in ungeheurem Abstand von der Sonne. — In dieser Schrift wird die Entfernung des Mondes auf 780000

Stadien angegeben — 130000 km oder 20 Erdradien, also ganz falsch (Hipparchos in Alexandria — etwa 190—125 v. Chr. — der vornehmste astronomische Beobachter der alten Zeit, gibt den Mondabstand nahezu richtig auf 59 Erdradien an), aber die Entfernung der Sonne merkwürdig genug fast richtig mit 804000000 Stadien (134666000 km statt 149500000 km). Hipparchos gab den viel unrichtigeren Wert von 1200 Erd-

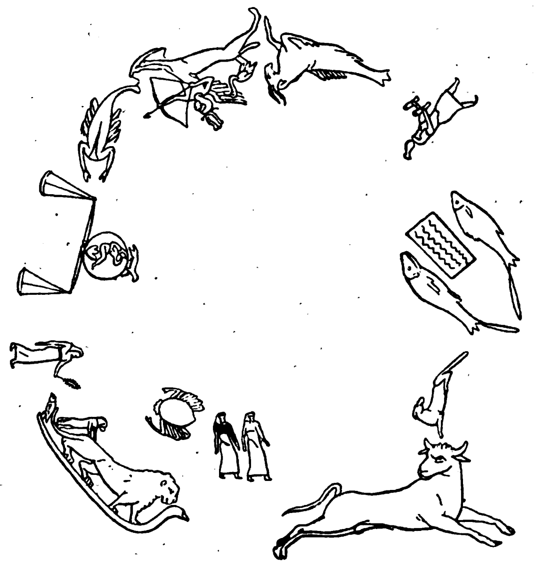


Fig. 7. Der Tierkreis von Denderah in Ägypten. Er stammt vom Anfang unserer Zeitrechnung.

radien an. Poseidonios maß den Sonnendurchmesser mit Hilfe der Wasseruhr und fand, daß er 28 Minuten betrug, woraus er seine Länge mit 70 Erddurchmessern berechnete, also einigermaßen richtig. Er gab auch den Mond als Ursache des Ebbe- und Flutphänomens an.

Wenn man dies liest, muß man den außerordentlich hohen Standpunkt der Griechen in Alexandria in der Astronomie im höchsten Maße bewundern. Demselben entspricht jedoch durchaus nicht ihre Kenntnis auf andern Gebieten der Naturwissenschaft, besonders nicht in Physik und Chemie.

Aristarchos hat offenbar nahezu 2000 Jahre vor Kopernikus das sogenannte kopernikanische System begründet, aber seine Ideen gingen verloren. Seine Zeitgenossen hatten nicht das richtige Verständnis für die von ihm ausgesprochenen großen Wahrheiten. Dagegen nahm Ptolemäus, der durch sein (etwa 130 n. Chr. geschriebenes) Almagest die alleinherrschende Autorität auf astronomischem Gebiet wurde, — er war auch hervorragender Optiker — an, daß die Erde sich in der Mitte des Sonnensystems befinde, und daß Planeten und Sonne, sowie auch der Mond, sich rund um dieselbe in sogenannten epicyklischen Bahnen bewegen (vgl. Fig. 6). Dann kam die römische Gewaltherrschaft über die Welt, und übte ihren schlechten Einfluß auch auf die Wissenschaft aus. Die Römer hatten keinen rechten Sinn für Wissenschaft, — sie sahen nur auf den unmittelbaren Nutzen. „Ihre Religion wurzelte tief im Aberglauben," sagt F. A. Lange in seiner Geschichte des Materialismus, „ihr ganzes Staatsleben war von abergläubischen Formeln eingeschränkt. Die ererbten Sitten wurden mit eigensinniger Starrheit festgehalten, Kunst und Wissenschaft hatten wenig Reiz für den Römer, die Vertiefung in das Wesen der Natur noch weniger. Die praktische Richtung ihres Lebens herrschte über jede andere . . . Jahrhunderte lang dauerte seit ihrer ersten Berührung mit den Griechen die Abneigung, die aus der Verschiedenheit der Nationen hervorging." Nach der Eroberung Griechenlands wurden aber geraubte Kunst- und Bücherschätze massenhaft nach Rom geschleppt, mit denselben kamen Angehörige der besiegten aber höher kultivierten Nation. Die feineren Elemente unter den Römern konnten der höheren Bildung nicht widerstehen, sie suchten sich dieselbe anzueignen und versuchten sich auch in der Nachbildung der alten Meister. So entstand das wunderbare Gedicht „De rerum natura" von Lucrez (99—55 v. Chr.), worin er die epikureische Lebensweisheit und die Welt- und Naturanschauung von Empedokles und Demokrit verherrlicht. Darin sind auch die magnetischen Eigenschaften erwähnt und erklärt, vermutlich hat Lucrez

seine Kenntnisse darüber von Demokrit übernommen. Zu diesen Schöngeistern, welche die griechische Philosophie und speziell diejenige des großen Meisters Demokrit bewunderten und uns viele Bruchstücke griechischer naturphilosophischer Weisheit überliefert haben, gehören Cicero (106—43 v. Chr.), der ein Schüler von Poseidonios war, Plinius der Ältere (23—79 n. Chr.) und Seneca (12—66 n. Chr.).

Aber es blieb bei der Nachbildung der Meister; Selbständiges brachten die Römer nicht. Die naturwissenschaftliche Bildung war nur ein dünner Firnis. Die Führer der Nation begingen die gröbsten Roheiten gegen die Kultur, Cäsar verbrannte z. B. die Bibliothek von Alexandria nach der Einnahme dieser Stadt. Seine Nachfolger, die Cäsaren, versanken immer tiefer in wahnsinnige Genußsucht. Die Naturforscher starben allmählich aus. Die Christen bezeigten noch weniger Achtung vor den Naturwissenschaften. 300 Jahre nach Cäsar plünderten sie, von Bischof Theophilos angeführt, die wiedererstandene Bibliothek in Alexandria, und weitere 300 Jahre später übergab der Chalif Omar den Rest der Bibliothek dem Scheiterhaufen. Wohl zeigten später die Araber, als sie sich zu einer verfeinerten Kultur erhoben hatten, Geschmack an der Wissenschaft und sammelten besonders die Schriften der alexandrinischen Schule, d. h. die Trümmer derselben. Aber der arabische Volkssinn war, von intoleranten Priestern irregeführt, den Wissenschaften nicht günstig gestimmt und der Koran galt als vollkommen unfehlbar. Die mohammedanische Religion ist sonst eigentlich der Wissenschaft nicht feindlich. Es wird erzählt, der Prophet habe zu seinen Schülern gesagt: „Der jüngste Tag wird dann kommen, wenn die Wissenschaft gänzlich vernichtet sein wird.“ Harun al Raschid bat die oströmischen Kaiser um philosophische Schriften als Geschenk. Das wurde sehr gern bewilligt und der weise Herrscher ließ sie übersetzen, stellte Personen an, sie zu lesen, und sandte andere — nicht weniger als 300 — auf Reisen, um sich Kenntnisse zu erwerben. Sein Sohn Abdallah al Mamun schaffte klassische

Manuskripte an, übersetzte sie, gründete Bibliotheken und Schulen, um die Bildung unter dem Volke zu verbreiten. Im Jahre 827 ließ er auch eine Gradmessung in der Wüste Singar am arabischen Meerbusen ausführen, die einen Grad gleich 56,7 arabischen Meilen ergab. Leider wissen wir von der arabischen Meile nur, daß sie 4000 Ellen hat, deren

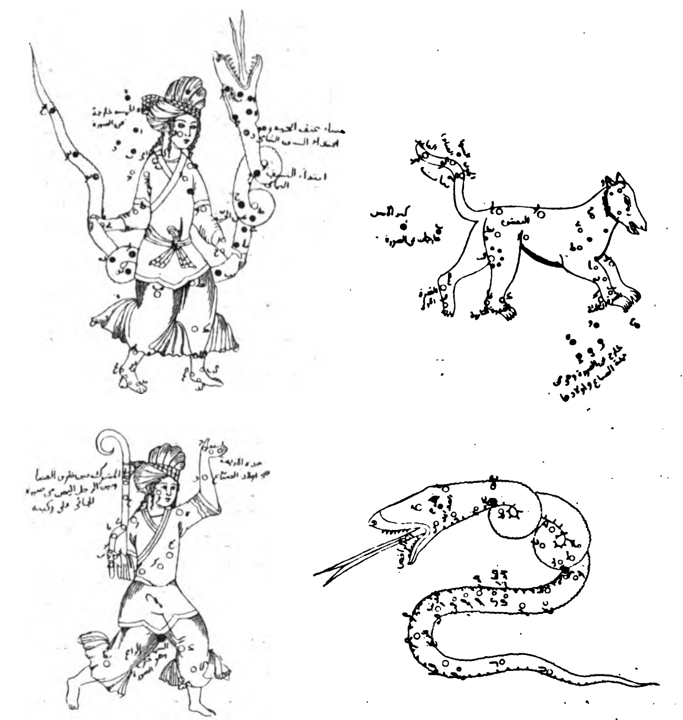


Fig. 8—11. Vier Sternbilder — Schlangenträger, Großer Bär, Orion und Drache — nach Al-Sufis Sternen-Katalog.

Länge aber nicht näher bekannt ist. Diese Gradmessung dürfte die früher genannten weit übertroffen haben. Gleichzeitig wurde die Neigung der Ekliptik gegen den Äquator zu 28° 35′ bestimmt.

Der hervorragendste Astronom jener Zeit war Albatani (etwa 850—929), Statthalter von Syrien. Er bestimmte die Jahreslänge zu 365 Tagen, 5 Stunden, 46 Minuten und

22 Sekunden (2 Min. 24 Sek. zu kurz), machte Messungen und berechnete daraus ausgezeichnete Tabellen über die Bahnen der Planeten. Kurz nach ihm lebte Abd-al-rahman Al-Sufi (903—986) in Persien. Er katalogisierte 1022 Sterne und sein Verzeichnis wird viel höher als dasjenige von Ptolemäos geschätzt, ja mit als das beste angesehen, welches aus alter Zeit überliefert worden ist. Er schätzt die sogenannte Präzession auf 1 Grad in 66 Jahren (richtig ist $71^1/_2$ Jahre).

Schon vor dieser Zeit hatte der in Mesopotamien geborne Dschafar al Sofi (702—765) die Chemie zu einer vorher ungeahnten Höhe erhoben. Er wirkte als Lehrer an der Hochschule von Sevilla.

Etwa hundert Jahre nach Al Mamun ging es zu Ende mit der Macht der Chalifen in Bagdad, und Hauptsitz der arabischen Kultur wurde Cordova in Spanien. Hakem der Zweite soll dort (nach einem wahrscheinlich übertriebenen Bericht) eine Bibliothek von 600000 Bänden angelegt haben (961). Während dieser Zeit wirkte der große arabische Astronom Ibn Junis, der das Pendel zur Zeitmessung, mehr als 600 Jahre vor Galilei, anwendete. Auch er berechnete sehr berühmte astronomische Tabellen. Ungefähr gleichzeitig schrieb auch Alhazen sein großartiges Werk über die Optik, von dem gesagt wird, daß es alles, was seine Vorgänger in dieser Wissenschaft geleistet hatten, weit übertroffen habe. Im Jahre 1236 wurde Cordova von den Spaniern erobert und die berühmte Bibliothek allmählich zerstreut. So wurde dieser Herd der Kultur vernichtet, an welchem sich so manche Christen ihre wissenschaftliche Bildung geholt hatten.

Wenn wir nach Spuren der ältesten kulturellen Vorstellungen suchen, so sind wir geneigt, uns nach China zu wenden. Die Denker dieses Landes haben sich indessen verhältnismäßig wenig mit kosmogonischen Lehren beschäftigt. Confucius, der von 551—478 vor Christus lebte, hat selbst gesagt, daß er nur die alte Weisheit gesammelt habe. Er hält sich ausschließlich an die Sittenlehre und vermeidet absichtlich, sich mit so unpraktischen Dingen, wie Fragen nach

der Entstehung der Welt, zu beschäftigen. Etwas mehr finden wir bei dem Philosophen Laotse, geb. 604 v. Chr., Zeitgenossen des Confucius und Stifter der Tao-Religion. Es ist nicht leicht zu sagen, was Tao eigentlich ist. Nach Suzuki, der neuerdings eine Übersicht über die alte chinesische Philosophie geschrieben hat, „ist Tao nicht nur das formgebende Prinzip des Universums, es scheint auch die Ur-Substanz darzustellen, ein Ding von chaotischer Zusammensetzung, das vor Himmel und Erde existierte“ (diese letzten Worte sind ein Zitat aus dem 25. Kap. des Buches Tao Te King von Laotse). Tao bedeutet „Weg“, aber nicht bloß Weg, sondern auch „der Wanderer“. Tao ist ein unendlicher Weg, auf dem alles Lebendige und Leblose wandert. Er ist nicht aus irgendeinem andern Wesen entstanden, er ist selbst das ewige Wesen, er ist alles und doch wieder nichts, er ist Ursache und Ursprung aller Dinge, des Himmels und der Erde. Laotse sagt selbst: „Wie tief und geheimnisvoll ist Tao, der Ursprung des Alls, wie still und klar ist Tao, ein Begriff, der ewig scheint. Ich weiß nicht, wessen Sohn Tao ist; es scheint, als habe er vor Gott (Ti) existiert.“ „Himmel und Erde sind unvergänglich, denn sie haben sich nicht selbst hervorgebracht, und bestehen auch nicht um ihrer selbst willen.“ Zuweilen wird Tao das Geheimnis der Geheimnisse genannt. Der Grund der Unvergänglichkeit des Himmels und der Erde ist höchst eigentümlich; aus der gegebenen Erklärung, daß sie nicht aus sich selbst hervorgegangen sind, könnte man eher den Schluß ziehen, daß sie vernichtet werden können.

Ein Taoist, Liehtze, im fünften Jahrhundert vor Chr. schreibt: „Im Anfang war Chaos, eine unorganisierte Masse. Es war eine Mischung, die die Möglichkeit besaß, sich zu Form, Geist und Substanz zu entwickeln.“ Derselbe Philosoph erzählt folgende Geschichte von sich selbst: „Ein Mann im Lande Chi war so bekümmert über die Möglichkeit, daß Himmel und Erde zerfallen könnten und er selbst dabei zugrunde gehen würde, daß er weder essen noch schlafen konnte.

Ein Freund kam zu ihm und tröstete ihn mit diesen Worten: „Himmel und Erde sind nichts als ein kondensiertes Pneuma und Sonne, Mond und Sterne sind nur leuchtende Massen in diesem Pneuma. Auch wenn sie zu Boden fallen, können sie nicht schaden.“ Damit waren alle beide zufrieden. Gegen diese Auffassung sträubte sich aber ein Mann namens Chang-Tutze, der meinte, daß Himmel und Erde wirklich einmal in kleine Stücke zerfallen müssen. Als dies Liehtze erzählt wurde, lachte er und sagte: „Es ist ein ebenso großer Irrtum zu behaupten, daß Himmel und Erde zerfallen werden, als es zu verneinen. Wir haben kein Mittel, das zu entscheiden ... Ob die Welt in Stücke zerfällt oder nicht — das geht mich gar nicht an.“ Wie Suzuki sagt: „Die Chinesen sind keine spekulativen Geister, wie die Griechen und die Hindus. Sie verlieren nie den praktischen und ethischen Blick auf die Dinge. Sie würden diese Sterngucker auslachen, deren Füße doch bedenklich an die Erde gefesselt sind.“ Im ganzen haben sie etwa dieselbe Auffassung vom Dasein wie die alten Römer. In der Lehre des Confucius sind diese Charakterzüge kristallisiert.

Wir können über diese philosophischen Nebelbilder hinweg gehen; sie zeigen nur das Unvermögen des voraussetzungslosen abstrakten Denkens, das Welträtsel aufzuklären.

Auch in China waren Astronomen an Tempeln angestellt, deren Aufgabe es war, den Gang der Sterne zu verfolgen und eintretende Verfinsterungen vorauszusagen. So viel man weiß, wurde von ihnen keine höhere wissenschaftliche Astronomie ausgebildet. Sie dürften ungefähr so weit gekommen sein, wie die Chaldäer, ehe diese mit der Wissenschaft des Abendlandes in Berührung kamen.

Die jetzt lebenden Chinesen und die mohammedanischen Völker sehen alles, was nicht von praktischem Nutzen für den Einzelnen oder den Staat zu sein scheint, mit einer gewissen Gleichgültigkeit an. Unter solchen Verhältnissen ist das Aufblühen der Wissenschaft unmöglich. Bezeichnend dafür ist die Antwort, die der türkische Kadi Imaum Ali Zadé einem

westländischen Astronomen gab, als dieser ihm etwas von den Himmelswundern erzählte. Nach Proctor antwortete Ali Zadé: „O meine Seele, suche nicht nach Dingen, die dich nichts angehen. Du kamst zu uns, wir hießen dich willkommen, geh nun in Frieden. Du hast in der Tat viele Worte gesprochen und es ist kein Schaden geschehen, denn einer ist, der spricht, aber ein anderer, der hört. Nach der Sitte deines Volkes bist du von einem Ort zum andern gewandert, bis du dich nirgends mehr glücklich und zufrieden fühltest. Höre, mein Sohn! Es gibt keine Weisheit, die gegen den Glauben an Gott aufkäme. Er schuf die Welt. Sollen wir versuchen, uns mit ihm zu messen und in die Geheimnisse seiner Schöpfung einzudringen? Sollen wir sagen: sieh diesen Stern, wie er sich um einen andern bewegt und wie ein anderer Stern mit Schweif geht und wieder kommt in so und soviel Jahren? Fort damit! Der, aus dessen Hand der Stern hervorging, wird ihn leiten und führen. Ich preise Gott, daß ich nicht nach dem strebe, was ich nicht brauche. Du bist gelehrt in Dingen, um die ich mir nicht den Kopf zerbreche."

Das ist der spezifisch orientalische Grundsatz. Wir westlichen Völker haben glücklicherweise andere Ansichten. Aber auch die Araber des Mittelalters, die uns die Reste der Wissenschaft der alten Zeit gerettet haben, waren von einem ganz anderen Geist beseelt, wie man deutlich aus folgender Äußerung des berühmten Ibn al Haitam (= Alhazen, etwa im Jahre 1000) ersehen kann: „Schon von meiner frühesten Jugend an," sagt dieser, der hervorragendste unter den arabischen Physikern, „habe ich die Meinungen der Menschen in Sachen der Wahrheit beobachtet; jede Sekte hält an ihrer, der Meinung der Übrigen entgegengesetzten, Ansicht fest. Ich mußte ja an ihnen allen zweifeln, da es doch nur eine Wahrheit gibt. Ich begann also nach den Quellen der Wahrheit zu forschen und mein ganzes Sehnen und Streben war darauf gerichtet, den wirklichen Inhalt der Erscheinungen aufzufinden. Und es ging mir so, wie Galenus im siebenten Buch seiner Arzneikunst beschreibt: ich sah auf das einfache

Volk herab und verachtete es, kümmerte mich nicht darum (um seine Meinung), sondern strebte und suchte nur innig nach Wahrheit und Wissen, und dabei kam ich zu der Überzeugung, daß dem Menschen nichts Besseres als dies in der Welt beschieden sein kann." Wenn man absieht von der für die alte Zeit bezeichnenden unglückseligen Geringschätzung der großen Menge, so findet man vollkommene Übereinstimmung zwischen den Erfahrungen des arabischen Gelehrten und den Ansichten der jetzt lebenden Naturforscher. Aber aus dem Unterschied zwischen Ali Zadés und Alhazens Meinungen erkennen wir deutlich, weshalb die mohammedanische Kultur, die zu Alhazens Zeit in ihrer höchsten Blüte stand, heute nicht mehr neue, lebensfähige Schößlinge zu treiben vermag.

V.

Anbruch der Neuen Zeit. Die Vielheit der bewohnten Welten.

Die Römer hatten wenig Interesse für die Wissenschaften, besonders für rein theoretische Fragen. Sie beschränkten sich hauptsächlich auf das Studium und Kommentieren griechischer Schriften. Der rasche Verfall der Nation während der Kaiserzeit brachte auch dieses ohnehin schon geringe wissenschaftliche Interesse fast vollständig zum Erlöschen. Kein Wunder daher, daß beim Fall des römischen Reichs wenig wissenschaftliches Interesse auf die erobernden germanischen Stämme übergehen konnte. Indessen sehen wir, daß König Theodorich (475—526) die Wissenschaft sehr hoch schätzte und in lebhaftem Verkehr mit dem Gelehrten Boëthius stand. Auch Karl der Große suchte, soweit es sich machen ließ, literarische Betätigung zu fördern. In jener Zeit lebte in dem berühmten Kloster zu Fulda ein gelehrter Mönch Rhabanus Maurus (788—856); dieser schrieb eine Art Enzyklopädie, die einen Begriff von dem damaligen Bildungsgrad in Westeuropa gibt: Alle Körper bestehen aus Atomen. Die Erde liegt wie eine Scheibe im Mittelpunkt der Welt, vom Ozean umflutet. Um diesen Mittelpunkt dreht sich der Himmel um seine Achse.

Von den wenigen Gelehrten des Mittelalters möge der Franziskanermönch Roger Baco als hoch über seiner Zeit stehend erwähnt werden (1214—1294). Er hatte besonders in der Optik ganz außerordentliche Kenntnisse und sah die Konstruktion des Fernrohrs voraus. Ungewöhnlich vorurteils-

frei und weit seiner Zeit voraus war auch der Deutsche Cusanus (geb. in Cues bei Trier 1401, gest. als Kardinal in Todi 1464). Er erklärte, die Erde sei ein um seine Achse rotierender, fast kugelrunder Stern mit geborgtem Licht, größer als der Mond, aber kleiner als die Sonne. Sie stehe nicht still im Raum. Auch andere Sterne hielt er für bewohnt. Die Körper würden nicht vernichtet, sondern wechselten bloß die Form. Ähnliche Ansichten wurden auch von dem Riesengenie Leonardo da Vinci (1452—1519) geäußert. Er sagt, die Erde erscheine, vom Monde aus gesehen, ungefähr so wie der Mond von der Erde aus betrachtet, sie stehe weder im Mittelpunkte der Sonnenbahn, noch in dem des Weltalls. Nach Leonardo da Vinci dreht sich die Erde um ihre Achse. Mit Nikolaus Cusanus war er der Meinung, dass die Erde aus ungefähr derselben Art Materie bestehe, wie die anderen Planeten und nicht aus irgendeinem gröberen Stoff, wie Aristoteles und auch noch Tycho Brahe lehrten. Leonardo hatte eine klare Vorstellung von der Schwerkraft. Er sagte, wenn die Erde in mehrere Stücke zersprengt würde, so würden diese wieder zum Schwerpunkt niederfallen und um denselben vor- und rückwärts schwingen, bis sie nach verschiedenen Zusammenstößen schließlich wieder ins Gleichgewicht kämen. Eine der bemerkenswertesten unter seinen geistreichen Auseinandersetzungen ist seine Verbrennungstheorie, nach welcher Luft bei der Verbrennung verbraucht wird und Tiere nicht in einer Luft leben können, die keine Verbrennung zu unterhalten vermag. Leonardo war ein außerordentlich hervorragender Ingenieur; besonders in der Wasserbaukunst; seine Kanalbauten bestehen noch und werden mit Bewunderung gezeigt.

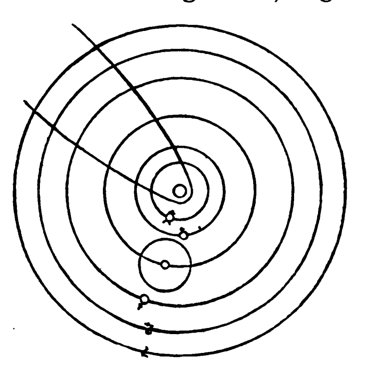


Fig. 12. Das kopernikanische System mit einer Kometenbahn. Vgl. Fig. 13, die unseren jetzigen Kenntnissen entspricht.

Er lieferte wundervolle theoretische Untersuchungen über Hydrostatik, Statik, Aerostatik, Perspektive, Wellen- und Farbenlehre. Dabei war er einer der größten Maler und Bildhauer aller Zeiten und obendrein noch Festungsbaumeister und schöngeistiger Schriftsteller.

Diese kräftige Gestalt war von ganz anderer Art als die mittelalterlichen Mönche. Eine neue Zeit war gekommen; in den Tagen von Leonardos Geburt war die Buchdruckerkunst erfunden worden; Kolumbus hatte Amerika entdeckt. Die Renaissance mit ihrer überströmenden Kraft war angebrochen. Noch hatte keine Reaktion gegen die kirchliche Reformation der allgemeinen Gedankenfreiheit ein Ende gemacht. Cusanus und da Vinci durften frei und unbehindert ihre Ansichten aussprechen, die mit der Lehre von Aristarchos-Kopernikus in allem übereinstimmten, außer darin, daß sie die Erde sich nicht um die Sonne bewegen ließen. Der eine wurde Kardinal, der andere genoß die Gunst der mächtigsten Fürsten. (Er starb in Amboise in Frankreich, wohin ihn der kunstliebende Franz der Erste berufen hatte.) Die prachtliebenden Päpste wetteiferten mit den tatkräftigen Herzögen von Mailand, Ferrara, Mantua, Neapel und vor allem Florenz in der Begünstigung und Förderung der Künste und Wissenschaften. Sixtus der Fünfte ließ die prächtige vatikanische Bibliothek bauen und einrichten. Die Zeit war reif für neue Fortschritte, die die beginnende Reaktion — mit der gräßlichen Inquisition an der Spitze — vergebens zu hindern suchte. Kopernikus (1473 — 1543), ein in Thorn geborner und in Frauenburg als Kanonikus angestellter Mann deutscher Abkunft, wurde durch das Studium des Berichtes des Alexandriners Ptolemäus über die Resultate der Astronomie seiner Zeit (2. Jahrhundert n. Chr.), sowie durch eigene Beobachtungen veranlaßt, sein System (Fig. 12) als Hypothese aufzustellen. Die Schrift, in der er diese niederlegte, ist in seinem Todesjahre erschienen. Er entging dadurch dem Schicksal, das seinen eifrigen Anhänger Giordano Bruno traf (ein Dominikanermönch aus Nola in Italien ge-

bürtig), der, wegen seines Glaubens des Landes verwiesen, auf Reisen in den bedeutendsten Ländern Europas die koper-

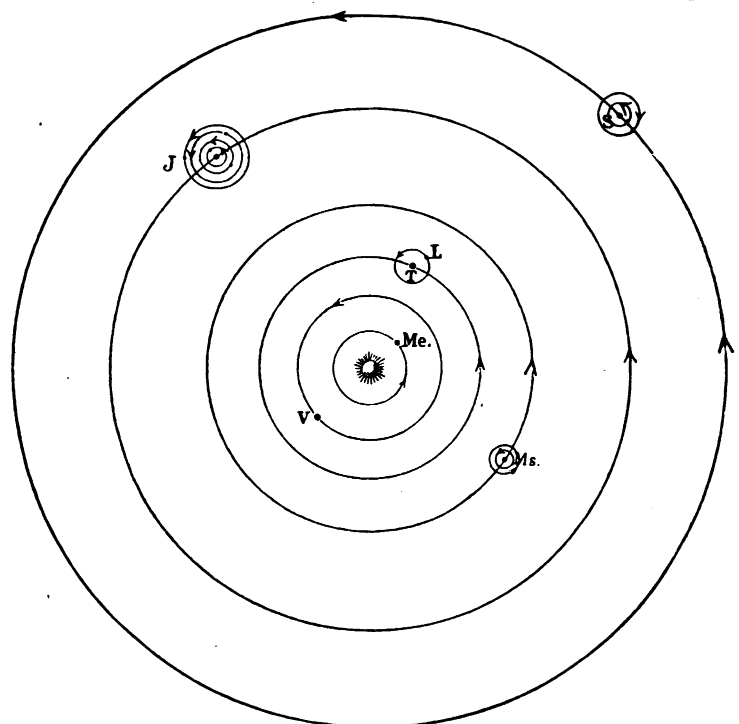


Fig. 13. Schema, die Bewegungsrichtung der Planeten und ihrer Monde angebend, von einem entfernten Punkt, nördlich vom Mittelpunkt der Sonne aus gesehen. Das Innerste ist die Sonne, dann kommen Merkur (Me.) und Venus (V), darauf die Erde (T) mit ihrem Mond (L), weiter nach außen Mars mit zwei und Jupiter (J) mit vier von Galilei entdeckten Monden. In neuerer Zeit hat man noch drei kleinere Monde gefunden, die um den Jupiter kreisen. Alle diese Himmelskörper sind rechtläufig wie die Pfeile anzeigen, d. h. in den Zeigern der Uhr entgegengesetzter Richtung. An äußerster Stelle erscheint Saturn (S), der neun rechtläufige Monde hat — es ist nur einer eingezeichnet — und einen rückläufigen, Phoebe, von Pickering 1898 entdeckt. Dazu kommen noch die zwei von Herschel und Leverrier entdeckten Planeten Uranus und Neptun, die ungefähr doppelt und etwas mehr als dreimal so weit von der Sonne liegen als Saturn. Uranus hat vier Monde, deren Bahnebenen fast senkrecht zur Ekliptik stehen, sie sind sogar schwach rückläufig. Neptun hat einen rückläufigen Mond. Beide Planeten sind rechtläufig, wie auch die große Menge kleiner Planeten, deren Bahnen zwischen denen des Mars und Jupiter liegen.

nikanische Lehre verteidigte und auch die Ansicht aussprach, daß die Fixsterne Sonnen seien, von erdenähnlichen bewohnten Planeten umgeben.

Er bekämpfte auch heftig den die Entwicklung der Wissenschaft hemmenden, astrologischen Aberglauben, daß die Sterne, und nicht die Sonne allein, einen mächtigen Einfluß auf die Natur und die Menschen ausüben.

Die Himmelskörper schweben nach ihm im unendlichen, flüssigen, durchsichtigen Äthermeer. Wegen dieser Lehren, wie auch wegen seiner Behauptung, daß Moses seine Wunder auf natürliche Weise vollbracht habe, wurde er in Venedig verhaftet und der Inquisition in Rom ausgeliefert, die ihn zum Tode auf dem Scheiterhaufen verurteilte. Am 17. Februar, als Bruno etwa 52 Jahre alt war, wurde das Urteil vollstreckt. Damals herrschte derselbe Geist wie in Athen, nur war man noch roher und grausamer. Brunos Hauptarbeit war darauf gerichtet, den schädlichen Einfluß, den die Philosophie des Aristoteles auf die wissenschaftliche Anschauung ausübte, zu brechen.

Wir können sagen, daß mit diesem letzten großen Blutopfer der Inquisition die alte Zeit zu Ende ging, denn Keplers und besonders Galileis Entdeckungen waren wichtige Fortschritte, die unser Wissen wesentlich und weit über das Maß der alten Zeit hinaus vermehrten.

Gewöhnlich wird Kopernikus' Ansicht so dargestellt, als ob sie ganz unabhängig von seinen Vorgängern in der Antike gewesen sei. Wie unrichtig das ist, geht aus folgender Äußerung von ihm selbst hervor: „Nachdem ich mir die Unsicherheit der mathematischen Lehren über die zu berechnenden Kreisbewegungen der Sphären lange überlegt hatte, begann es mir widerlich zu werden, daß die Philosophen, welche den geringfügigsten Umständen dieser Kreisbewegung so sorgfältig nachforschten, keinen sichern Grund für die Bewegung der Weltmaschine hätten, die doch unsertwegen von dem besten und gesetzmäßigsten aller Meister gebaut ist. Daher gab ich mir die Mühe, die Bücher aller Philosophen deren ich habhaft werden konnte, von neuem zu lesen, um nachzusuchen, ob nicht irgendeiner einmal der Ansicht gewesen wäre, daß die Weltkörper andere Bewegungen hätten,

als von denen angenommen wurde, die in den Schulen mathematische Wissenschaften gelehrt haben. Da fand ich denn zuerst bei Cicero, daß Nicetus (Hicetas), geglaubt habe, die Erde bewege sich. Nachher fand ich auch bei Plutarch, daß einige andere ebenfalls dieser Meinung gewesen seien. Seine Worte setzte ich, um sie jedem vorzulegen, hierher. „Andere aber glauben, die Erde bewege sich. So sagt Philolaos, der Pythagoräer, sie bewege sich um das Feuer in schiefem Kreise, ähnlich wie die Sonne und der Mond. Heraklid von Pontus und Ekphantus, der Pythagoräer, lassen die Erde sich, zwar nicht fortschreitend, aber doch nach Art eines Rades, zwischen Niedergang und Aufgang um ihren eigenen Mittelpunkt bewegen." Hierdurch veranlaßt, fing auch ich an, über die Beweglichkeit der Erde nachzudenken, und obgleich dies widersinnig schien, so tat ich's doch, weil ich wußte, daß schon anderen vor mir die Freiheit vergönnt gewesen war, beliebige Kreisbewegungen zur Ableitung der Erscheinungen der Gestirne anzunehmen." Kopernikus hielt auch, wie früher Aristarchos, die Erdbahn für sehr klein im Vergleich mit dem Abstand der Fixsterne.

Gleich nach Kopernikus' Tode wurde in Schonen Tycho Brahe (1546) geboren. Der Eindruck einer totalen Sonnenfinsternis verdoppelte seinen schon von Jugend auf großen Eifer für das Studium der Astronomie. Er führte eine große Anzahl äußerst sorgfältiger Messungen aus (hauptsächlich auf dem Observatorium von Uranienburg auf Hven), welche nachher auch den Beobachtungen seines Mitarbeiters Kepler zugrunde lagen und Bessel veranlaßten, Tycho Brahe den „König der Astronomen" zu nennen. Tycho versetzte die Erde wieder in den Mittelpunkt unseres Planetensystems. Um diesen kreisten Sonne und Mond und später auch die Planeten. Die Fixsterne waren an einer kugelförmigen Schale, die sich langsam drehte, befestigt. Die Erde machte einmal in 24 Stunden eine Umdrehung. Wie befangen in den Vorurteilen seiner Zeit Tycho war, erhellt daraus, daß er sich, als er in einem Duell die Nasenspitze verlor, damit beruhigte,

die Sterne hätten das bei seiner Geburt vorausgesagt. Seine Ansicht, daß die Erde von gröberem Stoff sei als die Sterne und Planeten und sich deshalb im Mittelpunkt des Planetensystems befinden müsse, ist auch charakteristisch für seine Denkweise. Daß Kopernikus' System schon damals unzweifelhaft demjenigen von Tycho Brahe vorzuziehen war, „weil es bedeutend einfacher und klarer war", wird von Descartes mit Nachdruck betont. Tychos Beispiel zeigt, daß auch der größte Fleiß, die höchste Beobachtungsgabe verhältnismäßig wenig Erfolg haben können, wenn sie nicht mit einem klaren und vorurteilsfreien Blick in theoretischen Fragen gepaart sind. Tycho starb in Prag im Jahre 1601.

Es blieb Kepler (1571—1630) vorbehalten, die Schlüsse aus den Beobachtungen Tychos zu ziehen. Er bewies, daß die Planeten sich in Ellipsen um die Sonne bewegen und bestimmte die Gesetze des Zusammenhangs ihrer Geschwindigkeiten mit ihrer Entfernung von der Sonne. Bezeichnend für Kepler ist, daß er sich schließlich weigerte, für den allmächtigen Wallenstein, dem er doch das Horoskop gestellt hatte, astrologische Berechnungen auszuführen. (Fig. 14.) Er versuchte jedoch, sein und seiner Kinder Schicksal durch Bestimmung der Konstellation in der Stunde der Geburt zu lesen. Kepler stammte aus protestantischer Familie und hatte deshalb manche Unannehmlichkeiten zu ertragen.

Durch Keplers Arbeiten war seit Aristarchos zum ersten Male ein bedeutender Fortschritt in der Himmelskunde gemacht worden, der durch Entdeckungen des großen Galilei (1564—1642) noch mehr befestigt wurde. Galilei, der in Briefwechsel mit Kepler stand, sagt in einem Briefe von 1597, daß er schon lange Anhänger der kopernikanischen Ansichten sei. 1604 hörte er von dem in Holland entdeckten Fernrohr sprechen; er baute selbst eins und erwarb sich damit den lebhaften Beifall der Mächtigen seiner Zeit. Nun durchforschte er den Himmel und beobachtete eine große Menge Sterne, die dem bloßen Auge unsichtbar sind. Die Planeten erschienen wie leuchtende Scheiben. 1610 beobachtete er

den Jupiter und entdeckte die vier größten Monde dieses Planeten, die mit um so größerer Geschwindigkeit um ihn kreisen, je näher sie ihm liegen, genau so wie die Planeten um die Sonne kreisen. Er sah in der Bewegung dieser Monde, die er nach der in Toskana regierenden Fürstenfamilie „die mediceischen Sterne" nannte, eine Hauptstütze der kopernikanischen Ansichten. Er beobachtete auch, daß der Saturn sein Aussehen ändere (was von der Stellung des

Horoſcopium geſtellet durch
Ioannem Kepplerum
1608.

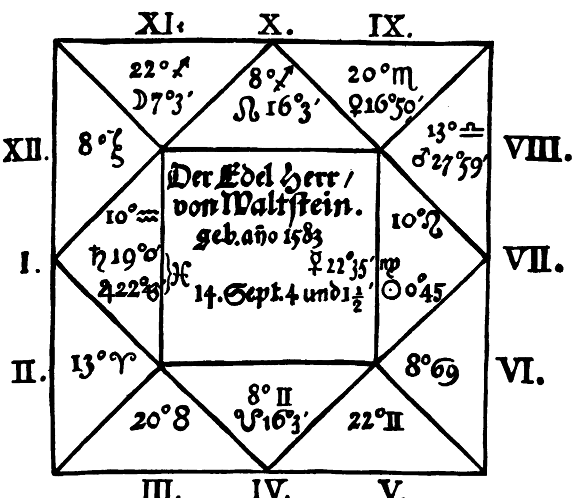


Fig. 14. Wallensteins Horoskop, von Keppler gestellt.

Ringes herrührt), und daß die Venus (— Merkur verhält sich ebenso —) gerade wie der Mond als Sichel erscheint. Auch die Sonnenflecken entdeckte er (1611) und zog aus deren Bewegung den Schluß, daß auch die Sonne sich um ihre Achse drehe. All diese Entdeckungen standen in scharfem Gegensatz zu den aristotelischen Lehren, wie sie in den Priesterschulen vorgetragen wurden. Galilei hielt es deshalb für das klügste, nach Rom zu reisen und seine Widersacher

persönlich zu überzeugen. Da diese ihn indessen nicht mit Hilfe der Wissenschaft überwinden konnten, so behaupteten sie, seine Lehren stünden im Widerspruch mit der unfehlbaren heiligen Schrift.

Erst jetzt (1613) trat Galilei in einer Schrift über die Sonnenflecken öffentlich als Anhänger von Kopernikus auf. Anfangs schritten die kirchlichen Autoritäten nicht gegen ihn ein; aber 1614 faßte die „heilige Kongregation" den Beschluß, daß die Lehre des Kopernikus von der doppelten Bewegung der Erde den Aussagen der Bibel widerstreite. Es wurde zwar erlaubt, die kopernikanische Lehre als Hypothese zu erwähnen, die man zu wissenschaftlichen Schlußfolgerungen anwenden dürfe, aber es war verboten, sie eine Wahrheit zu nennen.

Heutzutage wäre derartiges ganz unbegreiflich, zu damaliger Zeit war es vollkommen normal. Man versicherte ganz einfach, daß man nicht glaube, was man behauptete; aber jedermann wußte doch, daß man es glaubte. Recht bezeichnend ist folgende, 30 Jahre später (1644) von Descartes (1596—1650) öffentlich getane Äußerung: „Es besteht gar kein Zweifel darüber, daß die Welt im Anfang in ihrer ganzen Vollkommenheit geschaffen wurde, so daß Sonne, Erde, Mond und Sterne damals entstanden sind, und es auf der Erde nicht bloß Pflanzensamen, sondern auch die Pflanzen selbst gab, und daß auch Adam und Eva nicht als Kinder geboren, sondern als erwachsene Menschen erschaffen wurden. So lehrt uns nämlich der christliche Glaube und der natürliche Verstand überzeugt uns leicht davon. Aber nichtsdestoweniger ist es, um die Natur der Pflanzen und Menschen richtig zu verstehen, viel ersprießlicher, darüber nachzudenken, wie sie sich allmählich aus Samen entwickelt haben könnten, als wie sie zu Anfang aus der Schöpferhand Gottes hervorgegangen sind. Wenn wir uns einige recht einfache und leicht faßliche Prinzipien ausdenken können, mit deren Hilfe wir nachweisen, daß die Sterne, die Erde und alles, was wir in dieser Welt wahrnehmen, möglicherweise

aus Samen entstanden sei, so werden wir sie viel besser verstehen können, als wenn wir sie bloß beschreiben wie sie sind, obgleich wir eigentlich wissen, daß sie auf die oben angegebene Art entstanden sind. Da ich nun glaube, solche Prinzipien gefunden zu haben, so will ich sie hier in Kürze beschreiben."

Auf so sonderbare Art suchte man notgedrungen die zahllosen Klippen der Inquisition zu vermeiden, die nicht müde wurde, immer neue Widersprüche zwischen den neuen Meinungen und der orthodoxen Lehre aufzuspüren. Galilei verhielt sich sieben Jahre lang still. Aber schließlich wurde er in einen gelehrten Streit mit dem Jesuitenpater Grassi verwickelt, der die Kometen ganz richtig für Himmelskörper hielt, während Galilei bei der alten Meinung, sie seien irdischen Ursprungs, geblieben war. Zuletzt gelang es den Jesuiten, Galilei anzuklagen. Er mußte sich 1633 nach Rom begeben, um sich vor dem Inquisitionstribunal zu verantworten, obwohl er von Alter und Krankheit gebeugt war. Er versuchte auf jede Weise dem Streite auszuweichen, wurde aber schließlich doch zu schmachvoller Gefängnisstrafe verurteilt, und dazu, die Lehre von der Bewegung der Erde abzuschwören. Die Schriften von Kopernikus, Kepler und Galilei über die Stellung der Erde im Sonnensystem wurden daraufhin von der heiligen Kurie bis zum Jahre 1835 verboten.

Galilei führte in seinen Schriften an, daß Pythagoras und Aristarchos gelehrt hatten, die Erde bewege sich um die Sonne. Er entwickelte die Lehre von der Bewegung und wies nach, daß ein Körper, auf den eine Kraft einwirkt, eine veränderte Bewegung erhält; wirkt keine Kraft ein, so bleibt die Bewegung unverändert. Statt wie Aristoteles anzunehmen, daß die Luft, die hinter einem fallenden Körper eindringt, dessen Bewegung beschleunigt, bewies Galilei, daß sie nur ein Hindernis für die Bewegung des fallenden Körpers bildet.

Der Widerstand der Kirche gegen die kopernikanische Lehre war indessen vergeblich. Descartes zögert nicht einen

Augenblick, sich den Ansichten des Kopernikus anzuschließen. Natürlich erwarb er sich dadurch Feinde, fand aber eine sichere Zuflucht in den protestantischen Ländern Holland und Schweden. Leider erlag er einer Krankheit, die er sich, bald nachdem er nach Schweden gekommen war, zuzog. Nach Kopernikus bewegen sich alle Planeten vom Nordpol der Sonne aus gesehen, von rechts nach links. In gleicher Richtung bewegen sich: unser Mond um die Erde, die von Galilei entdeckten Jupitermonde um ihren Planeten, die Sonnenflecke um die Sonne. Außerdem kreisen sie nahezu alle in der Ebene der Ekliptik. Zur Erklärung dieser Regelmäßigkeit nahm Descartes mit Bruno eine Art Äthermeer an, in welchem die Planeten schwebten. Descartes glaubte, daß der Äther sich in wirbelnder Bewegung um die Sonne als Zentrum befinde, und daß die Planeten, von dieser Bewegung ergriffen, in fast kreisförmigen Bahnen, wie trockenes Laub in einem Strudel herumgetrieben werden. Ohne Zweifel ist diese Ansicht der Keplerschen weit überlegen, nach welcher die Planeten von göttlichen Wesen in ihren Bahnen gelenkt werden. In bezug auf die Kometen, die sich nicht ebenso wie die Planeten verhalten, sagt Descartes, sie seien wirkliche Himmelskörper, die sich außerhalb des Saturn bewegen. Da indessen Tycho Brahe gesagt hatte, seine Beobachtungen bewiesen, daß die Kometen zwar außerhalb der Mondbahn, aber oft in nicht größerem Abstand als Venus und Merkur lägen, so behauptete Descartes, die betreffenden Beobachtungen wären nicht genau genug, um Tycho zu obigem Schluß zu berechtigen.

In einem Brief an Morus sagt Descartes: „Unsere Gedanken können nicht fassen, daß die Welt eine Grenze habe, daher sagen wir, sie sei von unendlicher Ausdehnung. Aber aus ihrer Unendlichkeit im Raum folgt nicht ihre Unendlichkeit in der Zeit. Wenn also die Welt auch ohne Ende sein muß, so behaupten doch die Theologen nicht, daß sie seit unendlichen Zeiten bestanden habe.“ Die Welt ist mit Materie gefüllt, deshalb muß alles sich in kreisförmi-

gen geschlossnen Bahnen bewegen. Gott hat die Materie und ihre Bewegung geschaffen. Es gibt drei Elemente in der Welt; aus dem ersten, dem Leuchtenden, sind Sonne und Fixsterne gemacht; aus dem zweiten, Durchsichtigen, besteht der Himmel und aus dem dritten, Dunklen, Undurchsichtigen und Reflektierenden, Planeten und Kometen. Das erste Element besteht aus den kleinsten, das dritte aus den gröbsten Partikeln.

Anfangs breitete sich die Materie so gleichförmig wie möglich aus. Durch die Bewegung wurden geschlossne Bahnen um Zentren beschrieben, in welchen die leuchtende Materie sich sammelte, während die zweite und dritte Materie um sie herumwirbelten. Unter den dunklen Körpern besaßen einige eine starke Bewegung, waren von großer Masse und hatten sich am weitesten vom Wirbelzentrum entfernt, so daß keine Kraft sie zurückhalten konnte. Diese sind nun von Wirbel zu Wirbel gegangen, und das sind die Kometen. Teile von geringerer Masse, mit geringerer Geschwindigkeit, gesellten sich zu denjenigen Partien des zweiten Elementes, die die gleiche Zentrifugalkraft besaßen (die von kleinster Masse gelangten am weitesten nach Innen). Das sind die Planeten. Durch die Bewegung anderer Partikeln, die derjenigen der Planeten nicht vollkommen gleicht, erhalten diese eine Rotation von West nach Ost.

Die Wärme rührt von der Bewegung der kleinsten Partikeln her. Sie kann teils dadurch entstehen, daß die Sonnenstrahlen auf die martiellen Partikeln stoßen, teils auf andere Art. Die Wärme wirkt auf die Empfindung. Durch Zunahme der Flecken kann eine Sonne oder ein Stern allmählich verdunkelt und umgekehrt, durch Auflösung der Flecken leuchtender werden. Durch einen Wechsel der Stärke der Flecken kann die Leuchtkraft eines Sterns ab- und zunehmen. Diese Erklärung des Wechsels der Lichtstärke bei verschiedenen Sternen ist von vielen Astronomen bis in die neueste Zeit beibehalten worden.

Es kann vorkommen, daß ein Wirbel um einen Stern.

der aus einer rotierenden Bewegung der zweiten und ersten Partikeln besteht, von naheliegenden Wirbeln absorbiert wird.

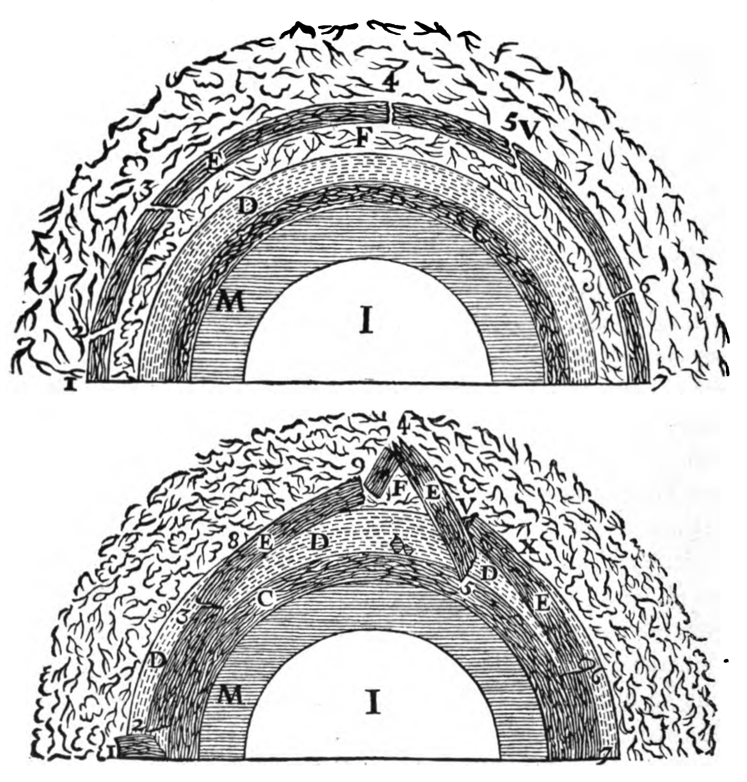


Fig. 15 u. 16.
Schematischer Durchschnitt der halben Erde nach Descartes. „I" ist das Erdinnere, das aus derselben Materie wie die Sonne besteht. Zu Anfang bestand die Erde ganz und gar aus dieser Art Materie. Dieser Stoff umgab sich mit einer, den Sonnenflecken entsprechenden, aber dichtern Kruste M. Dadurch hörte die Erde auf zu leuchten, wurde ein Planet und in den Sonnenwirbel mit hineingezogen. Unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen schieden sich sodann Luft F und Wasser D, sowie schließlich inmitten der Luft eine feste Rinde von Steinen, Lehm, Sand usw. der jetzigen Erdrinde entsprechend, aus. Diese barst bei 2, 3, 4 und stürzte ein, als die in der unteren Figur dargestellten Zustände eintraten. Das Wasser trat aus, wie im rechten und linken Teil der Figur angegeben wird und bildete das Weltmeer. An andern Stellen entstanden Berge, wie bei 1 und 4. Ein Teil der Luft ist unter den Bergen und der festen Erdrinde (z. B. bei F) eingeschlossen.

Dabei wird auch der Zentralstern dieses Wirbels mit fortgerissen und in einen andern Wirbel geschleppt, in welchem er dann zum Kometen oder Planeten wird.

Diesen Übergang vom Sternen- zum Planetenstadium schildert Descartes eingehender in seiner Beschreibung der Erde. Zuerst war sie eine, aus dem ersten Element bestehende, von einem mächtigen Wirbel umgebene Sonne. Nach und nach wurde sie von Flecken bedeckt, bis diese eine zusammenhängende Rinde bildeten. Da die Glut auf der Erdoberfläche nun erloschen war, so konnten keine Partikeln mehr nach den äußeren Teilen des Wirbels gesandt werden, weshalb derselbe allmählich aufhörte. Nun drängten sich aus andern naheliegenden Wirbeln Partikeln in dieses Gebiet ein, welche sonst durch die von der glühenden Erde ausgehenden Partikeln zurückgestoßen worden wären. Dadurch wurde die erloschene Erde in den nahen Sonnenwirbel hineingezogen und wurde so ein Planet. Ihr Kern glüht immer weiter und ist von einer festen Rinde aus Partikeln der dritten Art umgeben. In dieser Rinde gibt es Luft- und Wasserschichten, die von der festen Erdkruste überdeckt sind. (Fig. 15 und 16.) Diese zerbricht manchmal und fällt in die darunterliegende Wasserschicht, welche auf diese Weise an die Oberfläche kommt und das Weltmeer bildet, während aus der zerbrochenen Rinde Berge entstehen. Das Wasser fließt in Adern in der festen Erdrinde. In etwas erweiterter Form wird diese Ansicht später auch von Burnet entwickelt (1681).

Das ist in Kürze Descartes' Auffassung vom Weltsystem. Die Fixsterne, welche Zentren der rings um das Sonnensystem liegenden Wirbel sind, befinden sich in so großer Entfernung, daß ihre Stellung zur Erde durch deren Bewegung nicht merkbar verändert wird.

Die Chemie war zu jener Zeit sehr wenig ausgebildet. Man glaubte, daß die verschiedenen Eigenschaften der Körper von der Form ihrer kleinsten Partikeln herrührten. Mit echt philosophischer Ausführlichkeit beschrieb Descartes die verschiedenen Eigenschaften, die man davon ableiten könnte, daß die Partikeln groß oder klein, leicht oder schwer, rund oder eckig, oval oder scheibenförmig, verzweigt oder flach sind. Durch die wortreiche Beschreibung all dieser Dinge hat er

die Klarheit des von ihm konstruierten Systems bedeutend abgeschwächt.

Newtons großer Zeitgenosse und Nebenbuhler Leibnitz (1646—1716) hat in einer Schrift „Protogaea“, in der damaligen wissenschaftlichen Zeitschrift „Acta Eruditorum“, 1683, gedruckt, eine Darstellung der Erdentwicklung gegeben, die mit der heute als wahrscheinlich angenommenen ziemlich übereinstimmt. Man glaubte damals allgemein, wie es auch die alten Nordländer schon getan hatten, daß die Erde in der Glut untergehen würde, was ja auch wahrscheinlich beim Zusammenstoß der Sonne mit einem andern Himmelskörper der Fall sein dürfte. Leibnitz nimmt ebenso wie Descartes an, daß auch der Anfangszustand der Erde eine starke Glut war. Diese erlosch sodann — wie Leibnitz sagt — aus Mangel an Brennstoff und die Erde umgab sich mit einer glasartigen Rinde, während das Wasser, das vergast war, sich erst später zum Meer verdichtete. Aus der glasartigen Rinde bildeten sich Sand und — unter Einwirkung von Wasser und Salzen — die andern Erdschichten. Das Meer hatte anfangs die ganze Erde bedeckt, daher kommt es, daß man überall alte Muschelschalen findet. Durch Einstürze bildeten sich Unebenheiten, deren tiefste Teile nun vom Weltmeer eingenommen werden.

Der berühmte Däne Steno (1631—1686), dessen Verdienste erst 1831 durch Elie de Beaumont der Vergessenheit entrissen wurden, meinte, daß die horizontalen Erdschichten, besonders wenn sie Versteinerungen von Wassertieren enthalten, als aus dem Wasser abgesetzt angenommen werden müssen. Da sie oft aus der horizontalen Lage emporgehoben sind, so muß das durch äußere Kräfte geschehen sein, wobei vor allem der Vulkanismus nach Steno eine hervorragende Rolle gespielt hat.

Um jene Zeit nahm man allgemein an, daß das Erdinnere mit Wasser angefüllt sei, welches durch Adern mit dem Weltmeer in Verbindung stünde. Andeutungen davon finden sich schon bei Descartes. Hervorragende Vertreter dieser

unrichtigen Meinung waren Woodward (1665—1722) und Urban Hjärne (1712) nach dem das zentrale Wasser dicht, trübe und siedend heiß sein sollte.

Descartes' Ideen wurden von der Mitwelt mit der größten Bewunderung aufgenommen. Sie begannen, die aristotelische Philosophie an den Universitäten zu verdrängen. Auch in Upsala erweckten sie einen lebhaften Streit, der vielleicht den Anstoß zum Aufblühen der Naturwissenschaften in Schweden gab. Die Geistlichkeit suchte die Verkündigung dieser Neuerungen von den Lehrstühlen zu verhindern, es gelang ihnen jedoch nicht, die Einwilligung der Regierung dazu zu erhalten.

Unter den jungen Männern, auf welche die Lehren Descartes' einen lebhaften Eindruck machten, war einer, Swedenborg, der die cartesianische Kosmogonie etwas modifizierte. Nach ihm besteht alles aus Wirbeln, die Atome sowohl wie die Sonnensysteme. Alles baut sich nach einem einzigen Schema auf. Die einfachste materielle Partikel soll durch Wirbelbewegung des immateriellen Punktes entstehen. Das ist sehr schwach, denn mag ein Punkt ohne Ausdehnung noch so rasch wirbeln, so kann er doch dadurch niemals irgendeinen Raum einnehmen. Es scheint, als wollte Swedenborg durch seine Hypothese versuchen, die Entstehung der Welt aus Nichts zu erklären. Obgleich er an manchen Stellen andeutet, daß der mathematische Punkt von Ewigkeit her bestanden hat, ist er doch durchaus nicht konsequent in dieser Hinsicht, sondern sagt an anderer Stelle, daß auch dieser erschaffen worden sei. Swedenborgs Kosmogonie unterscheidet sich von der Descartesschen hauptsächlich dadurch, daß er annimmt, die Planeten seien nicht von außen in den Wirbel des Sonnensystems eingewandert, sondern umgekehrt von der Sonne ausgestoßen worden. Swedenborg stellte sich vor, daß die Sonnenflecken allmählich zunahmen, bis sie die ganze leuchtende Oberfläche der Sonne verdunkelten. Das eingeschlossene Feuer strebte nach Ausdehnung, dadurch spannte sich die umgebende Schale bis sie brach und die

dunkle Hülle sammelte sich als Ring um den Sonnenäquator. Der Wirbel rotierte immer weiter, bis auch dieser feste Ring in kleinere Teile zerbrach, die sich zu kugelförmigen Massen zusammenballten und die verschiedenen Planeten und Monde (sowie die Sonnenflecken) bildeten. Wenn eine Sonne auf

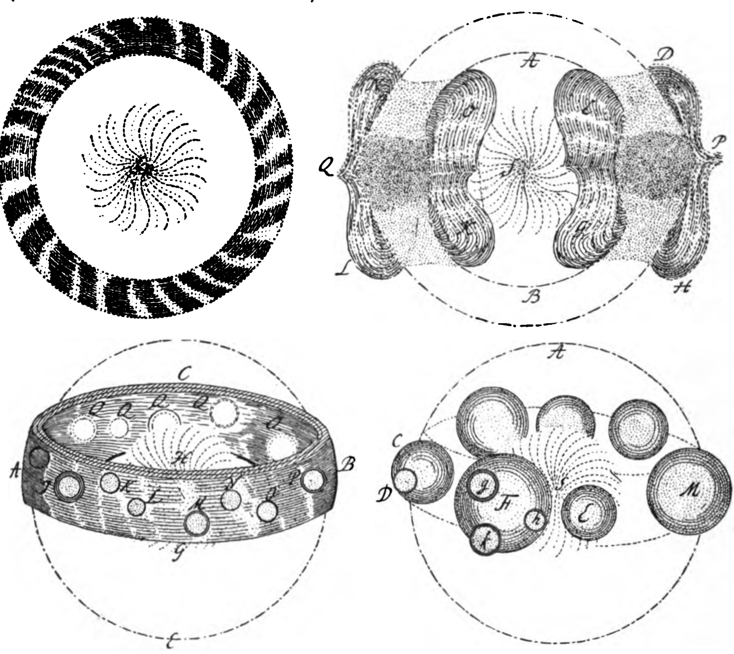


Fig. 17, 18, 19 u. 20.
Bildung des Planetensystems aus dem Sonnenwirbel nach Swedenborg. Fig. 17 zeigt den Sonnenwirbel S ringsum von einer festen kugelförmigen Rinde A B C umgeben. Dieser zerbricht und fällt (Fig. 18) von den Polen des Wirbels gegen dessen Äquator nieder, längs welchem sie einen Gürtel bildet. (Fig. 19.) Die Partikeln I, K, L, M, etc. bestehen aus Sonnenmaterie. Schließlich zerbricht der Gürtel und aus seinen Teilen bilden sich kugelförmige Planeten, C, F, M usw. (Fig. 20) und Monde D, g, h, k. Die Planeten werden vom Wirbel um S herumgeführt, bis sie an Stellen, wo sie im Gleichgewicht mit der Umgebnng sind, gelangen.

diese Weise ihre Schale sprengt, so wird sie plötzlich sichtbar, was Swedenborg dem Aufleuchten der sog. „neuen Sterne" zu entsprechen schien.

Die Planeten und Monde wurden nun vom Wirbel entführt, bis sie eine Stelle erreichten, an welcher sie sich im Gleichgewicht mit dem um sie wirbelnden Äther befanden.

In diesem Abstand bewegen sie sich nun in fast kreisrunden Bahnen. Sie verhalten sich dabei ganz so wie ein leichter, in die Luft aufsteigender Körper, der nicht eher stillsteht, als bis er sich in einer Umgebung von gleicher Dichte wie der eigenen befindet. Nach Swedenborg kommen also die spezifisch schwersten Planeten nach innen zu liegen, während Descartes diejenigen Planeten, die die größte Masse haben, am weitesten nach außen verlegt.

Beide Ansichten sind nur annähernd richtig, wie aus folgender Tabelle (nach Berechnungen des Amerikaners See) hervorgeht:

Himmelskörper	Radius	Masse	Mittlerer Abstand	Dichte
Sonne	109,100	332750,0000	0,00	0,256
Merkur	0,341	0,0224	0,39	0,564
Venus	0,955	0,8150	0,72	0,936
Erde	1,000	1,0000	1,00	1,000
Mond	0,273	0,0123	1,00	0,604
Mars	0,536	0,1080	1,52	0,729
Jupiter	11,130	317,7000	5.20	0,230
Saturn	9 350	95,1000	9,55	0,116
Uranus	3,350	14,6000	19,22	0,390
Neptun	3,430	17,2000	30,12	0,430

In Swedenborgs Arbeiten herrscht im allgemeinen eine uns heutigen Naturwissenschaftlern unbegreifliche Unklarheit. Man erhält den Eindruck, als habe er nicht durchdacht, was er niederschrieb. Am Schluß seiner „Principia" gibt er der Wirbelbewegung einen mathematischen Ausdruck, — hier dürfte man also volle Klarheit erwarten. Der Wirbel ist natürlich nach außen, gegen andere Wirbel zu, begrenzt. Swedenborg behauptet nun, daß wenn zwei Planeten sich in Abständen von der äußeren Wirbelgrenze befinden, welche sich wie 1 zu 4 verhalten, ihre Geschwindigkeiten sich wie 1 zu 2 verhalten müssen. Hieraus folgt, daß diejenige Kraft, die den Planeten zum Zentrum führt, sich im gleichen Verhältnis ändert wie die Entfernung des Planeten von der Wirbelgrenze und umgekehrt wie seine Entfernung von der Sonne. Nun ist diese Kraft genau die von Newton eingeführte Gravitation, die umgekehrt propor-

tional dem Quadrat der Entfernung des Planeten von der Sonne ist, was aber mit Swedenborgs Erklärung durchaus nicht übereinstimmt. Swedenborg war aber wohlbekannt mit Newtons Arbeiten und drückt an einigen Stellen seine tiefe Bewunderung für ihn aus, indem er sagt, „daß er nie berühmt genug geworden sei". Um nun zwischen seiner eigenen und Newtons Auffassung, die man allgemein als der Wirklichkeit entsprechend anerkannte, zu vermitteln, sagt Swedenborg, das letztere treffe zu, wenn die Wirbelbewegung nach dem Rand des Wirbels zu wächst, was indessen durchaus nicht der Bewegung der Planeten nach Newtons Gesetz entspricht, im übrigen auch fast undenkbar ist.

Es findet sich eine Andeutung bei Swedenborg, daß er glaube, die Milchstraße spiele in der sichtbaren Sternenwelt dieselbe Rolle wie die Rotationsachse der Sonne innerhalb des Planetensystems. Danach würden die Sonnen mit ihren Planetensystemen um die große Weltachse gruppiert liegen, welche mitten durch die Milchstraße läuft; und es müßte die Milchstraße wie ein halbkreisförmiger Gürtel am Himmel erscheinen, während sie ringförmig ist. Auf dieselbe Art könnte man sich nach Swedenborg noch größere Systeme denken, von denen das Milchstraßensystem nur einen kleinen Teil bildet. Ähnliche Ideen wurden später von Wright aufgenommen und bearbeitet (1750), der vermutlich Swedenborgs Gedankengang nicht kannte und annahm, daß die Milchstraße der Ekliptik des Sonnensystems entspricht; von Kant (1755), der der Wrightschen Erklärung kaum etwas beifügte, und von Lambert, der glaubte, daß die Sonnen sich zu Sternenhaufen, diese zu Milchstraßen usw. ordnen (1761).

Wir dürfen uns wohl fragen, warum Swedenborg, der Newton bewunderte, gleichwohl dessen weltbewegende Entdeckung nicht in sein System aufgenommen hat. Die Antwort ist, daß Swedenborg ganz durchdrungen war von dem Gedanken, daß alles in der Welt, Großes sowohl wie Kleines, nach dem gleichen Plane gemacht sei. Es war ihm augenscheinlich unmöglich, sich irgendeine Wirkung in die

Ferne zwischen den Himmelskörpern zu denken, da eine solche uns sonst ja fremd ist. Wurde doch ein solcher Einwand gegen Newtons große Entdeckung von verschiedenen Seiten gemacht, und Newton selbst war nicht ganz unempfänglich dafür. So legte Swedenborg Descartes' Wirbeltheorie seinem kosmogonischen System zugrunde. Swedenborg scheint kein Gefühl für die physikalische Unmöglichkeit seiner Annahmen und namentlich nicht für deren vollständige Unvereinbarkeit mit den Newtonschen Gesetzen gehabt zu haben. Das ist ein sehr bedenklicher Mangel in Swedenborgs System, das gleichwohl einige gesunde Gedanken enthält, die später von andern weiter entwickelt worden sind.

Dies gilt besonders von der Annahme, daß die Planeten ihre Entstehung der Sonne verdanken und daher ursprünglich zum Sonnensystem gehören, eine Idee, die gewöhnlich Kant zugeschrieben wird. Aber auch der Gedanke, daß die Milchstraße ein großes Sternensystem sei, ist von nicht geringem Wert, obgleich er von Swedenborg wenig ausgeführt wurde. Das Eigentümliche in seinem Gedankengang ist die Forderung, daß die Achsen der Sonnensysteme, die in der Nähe unserer Sonne liegen, alle nahezu gleichgerichtet sein müssen. Diese Richtung müßte parallel mit derjenigen der Milchstraße sein, was jedoch nicht zutrifft. Wie uns die letzten Arbeiten von Bohlin zeigen, ist es bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich, daß die Bahnebenen der uns zunächst liegenden Doppelsterne und die mittlere Ebene der größten (das heißt uns nächsten) Nebelflecke fast parallel mit der Ekliptik liegen. Nach Wright und Lambert könnte man eine ähnliche Regelmäßigkeit auch bei den Sonnen der Milchstraße erwarten.

Von Pythagoras wird erzählt, daß er seinen Schülern gegenüber geäußert habe, auch andere Planeten seien bewohnt wie die Erde. Es war eine natürliche Folge der allgemein zur Geltung gekommenen kopernikanischen Lehre, daß unsere Erde nicht der Mittelpunkt der Welt sei, daß man auch andere Welten als die unsrige für bewohnt ansah.

Auch Giordano Bruno predigte diese Lehre mit Enthusiasmus, die von den Theologen der damaligen Zeit für so gefährlich gehalten wurde, daß sie nur auf dem Scheiterhaufen gesühnt werden konnte. Ohne Zweifel war es hauptsächlich gerade das Ergebnis dieser Lehre, welches die Kirche gegen Galilei und andere Anhänger der kopernikanischen Ansichten empörte. Als sie dennoch durchdrang, verfiel man ins andere Extrem, man stellte sich alle Himmelskörper als bewohnt vor, ohne näher zu untersuchen, ob auch die physischen Bedingungen zur Existenz von Lebewesen auf ihnen vorhanden wären. Phantasien über Mondbewohner waren zu jener Zeit sehr beliebt, erscheinen ja auch noch in populären Darstellungen. Der große Astronom Wilhelm Herschel glaubte sogar, daß die Sonne bewohnt sei und daß die Sonnenflecken Teile des festen Sonnenkörpers bilden, die man zuweilen durch die leuchtenden Sonnenwolken hindurch erblickt. Die merkwürdigsten derartigen Phantasien sind vielleicht die Visionen Swedenborgs. Swedenborg war ein außerordentlich gewissenhafter Mann und es unterliegt nicht dem geringsten Zweifel, daß er wirklich glaubte, was er behauptete. Er sagte, er sei im Verkehr mit Geistern und Engeln aus andern Welten, mit welchen er Tage und Wochen, ja mitunter sogar monatelang zusammen weilte. „Von ihnen erhielt ich Mitteilungen über die Welten, in denen sie wohnen, über die dort herrschenden Sitten, Gebräuche und Religionen, sowie über andere interessante Dinge; und alles, was auf diese Weise zu meiner Kenntnis gelangt ist, kann ich beschreiben als etwas, das ich selbst gesehen und gehört habe." „Es ist ein vernünftiger Schluß, daß so große Massen wie die Planeten, die an Größe unsere Erde teilweise übertreffen, nicht nur dazu geschaffen sind, um die Sonne zu kreisen und mit ihrem sparsamen Licht nur einer einzigen Erde zu leuchten, sondern daß sie auch eine andere Aufgabe haben." Dieser Gedankengang, den Swedenborg den Geistern fremder Welten zuschreibt, dürfte sehr allgemein sein und hat zweifellos einen Hauptanteil an dem großen Interesse, das der

Astronomie vor allen andern Wissenschaften entgegengebracht wird. „Die Planeten," sagen Swedenborgs Geister, „rotieren um ihre Achsen, so daß sie Tage und Nächte haben. Mehrere von ihnen haben auch Monde, die sich um sie bewegen, geradeso wie unser Mond um die Erde.

Der Planet Saturn, „der von der Sonne am weitesten entfernt ist, hat außerdem einen ungeheuer großen Ring, welcher seinen Planeten mit viel, wenn auch zurückgeworfenem, Licht versieht. Wie ist es möglich, daß jemand, der diese Tatsachen kennt und die Fähigkeit besitzt, vernünftig zu denken, behaupten kann, die Himmelskörper seien unbewohnt?" „Den Geistern und Engeln ist es wohlbekannt, daß der Mond und auch die um Jupiter und Saturn kreisenden Monde oder Satelliten bewohnt sind." Diese Bewohner werden als intelligente, menschenähnliche Wesen beschrieben. „Auch wer nicht mit Geistern gesprochen hat, kann nicht daran zweifeln, daß diese Himmelskörper bewohnt sind, denn sie sind ‚Erden', und wo es eine ‚Erde' gibt, gibt es auch Menschen, da der Mensch doch der Endzweck jeder Erde ist." Aber Swedenborg erhielt auf diese Art nicht nur Kenntnis von den Planeten unseres Sonnensystems, sondern auch von bewohnten Welten um andere Sonnen, bis an die Grenzen des sichtbaren Universums. Sein Geist wurde dabei in jene Gegenden versetzt, während sein Körper auf der Erde blieb. So erfuhr er auch, daß unsere Sonne größer ist als andere Sonnen am Himmel, denn von einem dieser Planeten aus sah er den Sternenhimmel mit einem Stern, der größer war als die andern, und „vom Himmel aus" wurde ihm erklärt, daß das unsere Sonne wäre. Ein andermal war er auf einem Planeten, der als einer der kleinsten im Weltsystem bezeichnet wird, kaum 500 deutsche Meilen (3750 km) im Umkreis. Oft erzählt er auch von Tieren und Pflanzen auf den anderen Planeten.

Diese Darstellung kann als charakteristisch für die Vorstellung des Universums in der gebildeten Welt zu Swedenborgs Zeit gelten. Sie weicht bedeutend von den Ansichten der heutigen Zeit ab, wie Proctor, nach dem obige Zitate

angeführt sind, bemerkt. Unsere Sonne ist sicherlich nicht der größte von allen Sternen. Ebenso zählt der von Swedenborg beschriebene Planet durchaus nicht zu den kleinsten der Welt. Der größte von den 600, seit dem Jahre 1800 entdeckten kleinen Planeten, Ceres, hat einen Umfang von etwa 3000 km; Vesta und Pallas haben nicht einmal halb soviel, während die allerkleinsten bekannten, wenn man nach ihrer Lichtstärke urteilt, kaum mehr als 30 km Umfang haben dürften.

Es erscheint doch höchst sonderbar, daß keiner der Geister, die Swedenborg während neunundzwanzig Jahren traf, Kenntnis von den zahlreichen kleinen Planeten hatte. Ihre Angabe, der Saturn sei der äußerste Planet, ist ebenfalls unrichtig, da ja seither Uranus und Neptun entdeckt worden sind (1781 und 1846). — Uranus ist sogar schon 1690 von Flamsteed, also zur Zeit von Swedenborgs Geburt (1688) beobachtet worden; er ist dem bloßen Auge sichtbar und zweifellos haben ihn unzählige Menschen gesehen, obgleich vor Herschels Zeit keiner glaubte, daß es ein Planet wäre.

Sehr auffallend ist auch die Behauptung, daß die Merkurbewohner trotz der heftigen Sonnenbestrahlung (die 6,6 mal größer ist als auf der Erde), sich eines ganz behaglichen Klimas erfreuen. Der Grund davon sei die geringe Dichte der Atmosphäre. Daß eine dünne Atmosphäre abkühlend wirkt, schloß Swedenborg aus der auffallenden Kälte auf hohen Bergen, sogar in den Tropen. Das erzählte Swedenborg den Merkurbewohnern, die als wenig intelligent geschildert werden. Nach unsern heutigen Ansichten können lebende Wesen nicht gut auf dem Merkur existieren.

Aus alledem geht deutlich hervor, daß die Geister und Engel, mit welchen Swedenborg sich in seinen Visionen zu unterhalten glaubte, ihm nicht mehr mitzuteilen vermochten, als was er selbst schon wußte, oder für wahrscheinlich hielt. Die durch Offenbarung erworbenen Kenntnisse leiden genau an denselben Fehlern, gegenüber unserer heutigen Auffassung, wie das ganze damalige Wissen vom Weltall. Ich habe

Swedenborgs Bericht von den Äußerungen der Geister nur deshalb hier wiedergegeben, um zu zeigen, wie ein Gelehrter der damaligen Zeit sich das Weltsystem vorstellte, und durchaus nicht, um einen Begriff von dem tiefen, nach seiner eigenen Überzeugung, auf übernatürlichem Weg erworbenen Wissen des merkwürdigen Mannes zu geben.

Es ist für jene Zeit ganz bezeichnend, daß auch Kant, ohne Zweifel durch Swedenborg's Beispiel veranlaßt, in seiner „Theorie des Himmels" eine lange Auseinandersetzung über die Beschaffenheit der vernünftigen Wesen auf andern Planeten gibt. Er hält sich jedoch nur ans Sonnensystem. Mit einem leider nicht allzu seltenen Mangel an kritischer Schärfe versichert er: „Dieses Verhältnis hat einen Grad der Glaubwürdigkeit, die nicht weit von einer ausgemachten Gewißheit entfernt ist."

So wie die verschiedenen Planeten ein desto höheres spezifisches Gewicht haben, je näher sie der Sonne liegen, sagt er (schon diese Voraussetzung ist falsch), so müssen die Stoffe, aus welchen die Bewohner, ja auch die Tiere und Pflanzen der Planeten zusammengesetzt sind, von desto leichterer und feinerer Beschaffenheit sein, je weiter die Planeten von der Sonne entfernt liegen. Gleichzeitig müssen auch die Elastizität ihrer Körpergewebe sowie die Zweckmäßigkeit ihres Körperbaus mit diesem Abstand wachsen. Ebenso müssen auch ihre geistigen Eigenschaften, besonders ihre Denkfähigkeit, rasche Auffassung, Schärfe und Lebhaftigkeit der Begriffe, Kombinationsvermögen, Schnelligkeit des Handelns, kurz, die Vollkommenheit ihrer Begabung mit der Entfernung ihres Aufenthaltsorts von der Sonne zunehmen.

Dies schien ihm auch darum um so notwendiger, als der Tag auf dem Jupiter nur zehn Stunden dauert, eine Zeit, die einem Erdbewohner mit seiner „groben Natur" kaum zum Ausschlafen genügen würde. Die zahlreichen Monde, die um die äußeren Planeten kreisen, sind sowohl nach Kants wie nach Swedenborgs Ansicht nur dazu da, die glücklichen Bewohner jener Planeten zu erfreuen, denen die Sünde nicht

einmal bekannt ist, denn dort herrscht wahrscheinlich die Tugend unumschränkt.

So schreibt der größte Philosoph jener Zeit, der sich eben doch nicht ganz von der naiven metaphysischen und teleologischen Denkweise seiner Zeitgenossen freimachen konnte. Die teleologische Auffassung, die bei jedem Ding Zweckmäßigkeit fordert, verlangt, wie Swedenborg sagt, daß „der Mensch der Zweck sei, für den jede Erde existiert“.

VI.

Von Newton bis Laplace. Mechanik und Kosmogonie des Sonnensystems.

Durch Keplers Entdeckung der Gesetze der Planetenbewegung war es ja schon möglich, die Stellung der Planeten eine gewisse Zeit vorauszusagen. Doch es fehlte noch ein Glied in der großen Entwicklungskette und es war Newton vorbehalten, dasselbe aufzufinden. Er bewies, daß die drei Keplerschen Gesetze aus einem einzigen abgeleitet werden können, nämlich aus dem jetzt wohlbekannten Newtonschen Gravitationsgesetz, nach welchem die Kraft, welche zwischen zwei Massen wirkt, proportional deren Größe und umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung ist. Um jene Zeit war die Größe der Schwerkraft an der Erdoberfläche durch Galileis und Huyghens Messungen sehr sorgfältig bestimmt. Da diese selbe Kraft, nämlich die Anziehung der Erde, nach Newtons Idee auf den Mond einwirkt und ihn in seiner Bahn festhält, so mußte die Größe der Schwerkraft in bezug auf den Abstand des Mondes bestimmt und mit derjenigen Kraft verglichen werden können, welche die Krümmung der Mondbahn verursacht. Newton berechnete sie im Jahre 1666, kam aber zu keinem guten Ergebnis.

Es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, daß Newton — wie Faye bemerkt — durch diesen mißglückten Versuch veranlaßt wurde, an der universellen Bedeutung der Schwerkraft zu zweifeln, — sicher ist, daß er seine Berechnung nicht vor dem Jahre 1682 wieder aufnahm, wo sie, mit den neuen Angaben über die Größe der Erde, zu dem erwünschten Resultat führte. Es ist anzunehmen, daß die Zeit, wie man

sagt, reif war für diese Entdeckung, denn vier Landsleute von Newton waren ihr auch sehr nahe gekommen. Jedenfalls wurde sie mit Begeisterung von fast allen Zeitgenossen Newtons begrüßt. Jedoch konnte man sich schwer vorstellen, daß die Körper in der Ferne aufeinander wirken und die Planeten sich im leeren Raum bewegen. Aber ihre Bewegung war so äußerst regelmäßig, daß man unmöglich annehmen konnte, daß sie durch irgendein, wenn auch noch so dünnes Gas hindurch gingen. Zudem bewiesen ja die Beobachtungen mit dem Barometer, daß die Dichte der Luft nach oben rasch abnimmt. Also mußte man die cartesianische Wirbeltheorie aufgeben. Alle Himmelskörper, auch die Kometen, die mit ihren von der Kreisform stark abweichenden Bahnen Descartes so große Schwierigkeiten bereiteten, bewegten sich in Bahnen, die streng dem Newtonschen Gesetz folgten.

Newtons Aufmerksamkeit war in hohem Grade auf die auffallende Gesetzmäßigkeit gerichtet, die innerhalb des Planetensystems herrscht, wo außer den sechs damals bekannten Planeten auch deren zehn Monde sich alle in Bahnen von gleicher Richtung bewegen, die alle in fast derselben Ebene, nämlich der Ekliptik, liegen und fast alle kreisförmig sind. Da er nun an keine Wirbelbewegung glaubte, die die Himmelskörper mit fortreißt, so konnte er diese Eigentümlichkeit unmöglich verstehen; und das um so weniger, als die Kometen, deren Bahnen ebenfalls durch die Anziehungskraft der Sonne bestimmt werden, sich oft durchaus nicht in derselben Richtung bewegen, wie die Planeten. Daraus zog Newton (übrigens ganz ohne Berechtigung) den Schluß, daß die Regelmäßigkeit der Planetenbewegung keine mechanische Ursache haben könne. Er sagt: „Im Gegenteil muß die bewundernswerte Anordnung, nach der die Planeten sich in fast kreisförmigen Bahnen bewegen und dadurch weit voneinander abstehen, und die Sonnen so weit voneinander entfernt sind, daß ihre Planeten sich nicht gegenseitig stören können, durch ein intelligentes und allmächtiges Wesen zustande gebracht sein.“ Nach Newton hatten die

Planeten bei der Schöpfung den Anstoß zu ihrer Bewegung bekommen. Dieser Auffassung, die in der Tat das Gegenteil

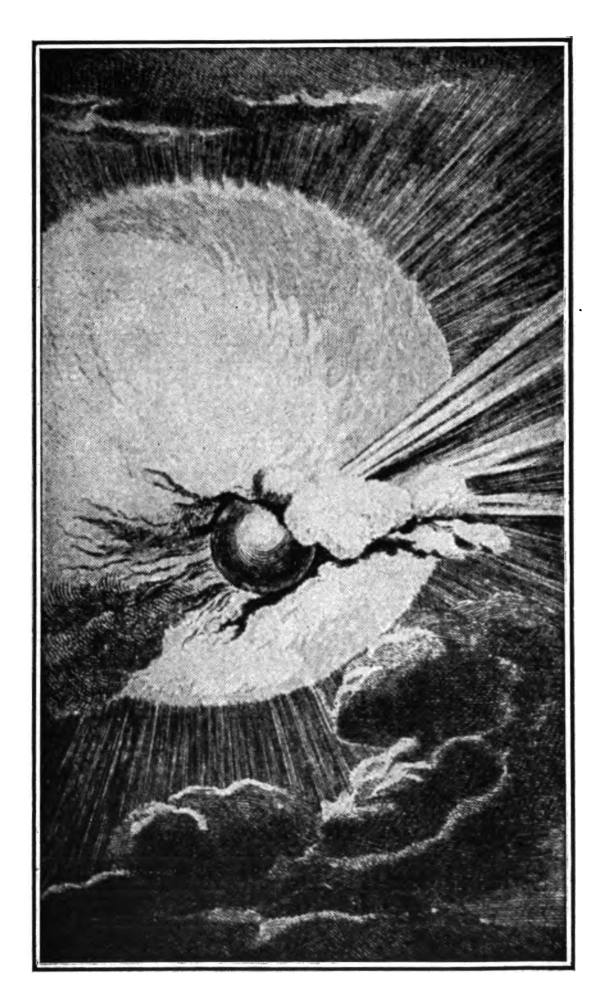


Fig. 21. Zusammenstoss zwischen der Sonne und einem Kometen. (Kupferstich in Buffon's Histoire naturelle.)

einer Erklärung bedeutet, trat Leibnitz mit aller Entschiedenheit entgegen, ohne jedoch zu einer positiven Lösung des Rätsels zu gelangen.

Der Erste, der nach einer derartigen Erklärung gestrebt zu haben scheint, war Buffon, der geistreiche Verfasser der „Histoire naturelle" (1745). — Buffon kannte Descartes' und Swedenborgs Schriften und da er mit vollem Recht die Art und Weise, wie Swedenborg sich die Abtrennung der Planeten von der Sonne dachte, vom physikalischen Standpunkt aus für wenig befriedigend hielt, suchte er nach einer neuen Erklärung. Zunächst betonte er die außerordentliche Unwahrscheinlichkeit, daß die Neigung der Ekliptik gegen die Bahnebene der Planeten an und für sich, durch bloßen Zufall nie $7^1/_2$ Grad (oder $^1/_{24}$ der größtmöglichen Neigung von 180 Grad) übersteigt.

Das war früher schon von Bernoulli hervorgehoben worden. Für jeden Planeten ist die Wahrscheinlichkeit, daß dies auf Zufall beruht, nur $^1/_{24}$. Für die fünf damals bekannten Planeten zusammen wird die Wahrscheinlichkeit 24^{-5} oder nur etwa ein Achtmilliontel. Dazu kommt noch, daß die Monde, soweit sie damals bekannt waren (5 um Saturn, 4 um Jupiter, der Erdmond und der Ring um den Saturn), sich alle in wenig von der Ekliptik abweichenden Bahnen bewegen. Es mußte daher nach irgendeiner mechanischen Ursache dafür gesucht werden.

Um die Bewegung der Planeten zu erklären, nahm Buffon an, sie seien sämtlich durch den Zusammenstoß der Sonne mit einem Kometen entstanden, wobei etwa $^1/_{650}$ der Sonnenmasse abgerissen und seitlich abgestoßen sein müsse, woraus dann die Planeten und ihre Monde sich gebildet hätten (Fig. 21). Daß solch ein nahezu tangentialer Stoß stattfinden könne, schien daraus hervorzugehen, daß der Komet vom Jahre 1680, dessen Bahn Newton berechnete, in einem Abstand von nur ein Drittel Sonnenradius an der leuchtenden Oberfläche der Sonne vorüberging, und es könnte sehr wohl möglich sein, daß er das nächstemal auf die Sonne niederfallen würde, wenn er im Jahre 2255, wie erwartet, zurückkehren würde.

Dagegen könnte wohl eingewendet werden, daß die

Splitter zu ihrem Ausgangspunkt hätten zurückfallen müssen. Darauf erwiderte Buffon, der Komet müßte die Sonne seitlich verschoben haben und die ursprüngliche Bahn der ausgeworfenen Materie könne durch später ausgestoßene Sonnensplitter etwas verändert worden sein. Dieser Ausweg wurde auch von Laplace gutgeheissen, der später Buffons Versuch der Kritik unterwarf. Buffons Idee ist ganz genial. Denkt man sich eine runde Holzscheibe, in die ein spitzes Werkzeug eindringt, so dass Spähne abgeschlagen werden, wie die nebenstehende Figur 22 andeutet, so erhält die Holzscheibe eine Rotation in der Richtung des Pfeils.

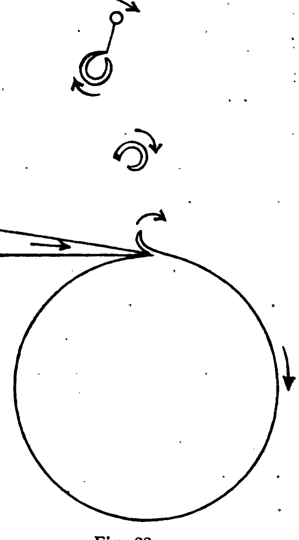


Fig. 22.

In der gleichen Richtung drehen sich auch die abgeschlagenen Späne, die sich ausserdem noch, infolge der Reibung an dem scharfen Instrument, nach rechts bewegen, das heißt in derselben Richtung und parallel mit der Bewegungsrichtung des Äquators der Scheibe. Kleinere Späne, die man als Bruchstücke der größeren ansehen könnte, müßten auch anfangen, um letztere in derselben Richtung zu wirbeln, insofern sie nämlich durch irgendeine kleine Faser von diesen festgehalten werden. Ganz auf dieselbe Weise mußten sich die Sonnensplitter, als sie sich beim Eindringen des Kometen schräg gegen die Oberfläche der Sonne abgetrennt hatten, allesamt in gleicher Richtung drehen und ebensolche Bahnen beschreiben wie der Sonnenäquator nach dem Stoß. Buffon dachte sich die Sonne als festen, glühenden, von einer Atmosphäre umgebenen Körper, ungefähr wie die Erde. Die Holzfaser, die den kleinen Span am größeren festhält, entspräche der Schwerkraft.

So weit wäre alles gut und schön. Buffon ging aber weiter. Er folgerte so: diejenigen Splitter, die die geringste Dichte besitzen, müssen auch die größte Geschwindigkeit erlangen und darum am weitesten von der Sonne fortgeschleudert werden, ehe sie gezwungen sind, ihre Bahn zu krümmen. Da er nun wußte, daß der Saturn eine geringere Dichte hat als Jupiter und dieser wieder eine geringere als die Erde, so zog er daraus den Schluß, daß die Planeten im allgemeinen spezifisch desto schwerer sind, je näher sie sich an der Sonne befinden, — ein Schluß, den auch Swedenborg gezogen hatte und der sich später bei Kant wiederfindet, der aber durchaus nicht mit unserm gegenwärtigen Wissen übereinstimmt. Ebenso mußten die Splitter, die die größte Äquatorialgeschwindigkeit bei der Loslösung von der Sonne hatten, am leichtesten kleinere Splitter, d. h. Satelliten, abgestoßen haben. Das stimmt wohl mit der Erfahrung der damaligen Zeit, nicht aber mit unserer jetzigen überein. Man wußte damals nur, dass die äquatoriale Geschwindigkeit des Jupiter grösser war als die der Erde und die der letztern wieder größer als diejenige des Mars. Man kannte damals vier Jupiter-Monde, einen Erdenmond und keinen Marsmond. Der Saturn mit seinen fünf Monden mußte also die größte äquatoriale Geschwindigkeit besitzen. Nun hat sich das aber so geändert, daß die Reihenfolge der Äquatorialgeschwindigkeit ist: Jupiter, Saturn, Erde, Mars, und die Anzahl der bekannten Monde 7, 10, 1 und 2. Jene Reihenfolge ist also nicht mehr gültig.

Die Planeten wurden wahrscheinlich, so meint Buffon, durch die starke Wärmeentwicklung beim Zusammenstoß flüssig, kühlten sich aber infolge ihrer Kleinheit rasch ab; so wie auch die Sonne eines Tages erkalten und erlöschen wird. Die verschiedenen Planeten waren, je nach ihrer Größe, kürzere oder längere Zeit glühend. Nach Versuchen über die Abkühlungsgeschwindigkeit an glühenden Eisenkugeln von verschiedener Größe, glaubte er schließen zu dürfen, daß die Erde zur Abkühlung bis auf ihre jetzige Temperatur 75000 Jahre gebraucht hätte, der Mond 16000 Jahre, der

Jupiter 200000 und der Saturn 131000 Jahre. Die Sonne würde eine etwa zehnmal so lange Zeit zum Erkalten gebrauchen als der Jupiter.

Während die Planeten bei der Abtrennung durch die Sonnenatmosphäre gingen, nahmen sie von derselben Luft und Wasserdämpfe mit, aus denen später Meere entstanden. Das Erdinnere mußte längst aufgehört haben zu glühen, da keine Luft eindringen konnte, um das Feuer darin zu ernähren (im Gegensatz zu Descartes und Leibnitz). Trotzdem glaubt Buffon, daß nur 2 % der Erdtemperatur von der Sonnenstrahlung bestritten werden, das übrige sei Eigenwärme. Die Erde müßte überall dieselbe Dichte haben, weil sonst die Rotationsachse nicht symmetrisch liegen könnte, — ihre Gestalt ist jedoch genau so, wie sie eine flüssige Kugel von der Rotationsgeschwindigkeit der Erde annehmen würde. Die Erde ist auch nicht hohl, sonst müßte die Schwerkraft auf hohen Bergen größer als gewöhnlich sein.

Die mittlere Dichte der abgestossenen Splitter ist fast gleich der Dichte der Sonne. Denn der Jupiter, der die Hauptmasse bildet (etwa 75 %), hat nahezu dieselbe Dichte wie die Sonne, und der Saturn, der ihm an Größe am nächsten kommt, eine etwas niedrigere; die inneren Planeten haben dagegen eine etwas größere Dichte als die Sonne. Darin sieht er eine Bestätigung seiner Ansicht. Was diese zwei letzten Punkte betrifft, so kann man hervorheben, daß die Rotationsachse der Erde auch dann durch den Mittelpunkt und die Pole geht, wenn sich ihre Dichte nach innen zu in dem Maße ändert, wie es der Abstand vom Mittelpunkt bedingt. Es stünde daher der Annahme nichts im Wege, daß die Erde innen dichter ist, als in den äußeren Schichten, was — wie wir nun wissen — im Verhältnisse von ungefähr zwei zu eins der Fall ist. Ferner braucht die Abkühlung der Erde nicht so rasch fortzuschreiten wie bei einer, die Wärme besonders gut leitenden Eisenkugel, sondern sie kann im Innern sehr wohl noch glühend sein, obgleich keine Verbrennungsprozesse dort vorgehen. Und schließlich wissen wir jetzt,

daß die Sonne, und wahrscheinlich auch die äußeren Planeten, einschließlich Jupiter, sowie die inneren Teile der inneren Planeten gasförmig, und nicht, wie Buffon glaubte, fest sind. Unter solchen Umständen wird seine Beweisführung zum Teil hinfällig. Aber sie ist doch unvergleichlich viel besser, als die Darstellung, die Kant später gibt.

Buffon ist ein wirklicher Naturforscher von gleicher Denkweise wie die heutigen. Er hat für die nicht unberechtigte Laplacesche Kritik herhalten müssen, daher wird sein Name selten genannt, während Kant und Laplace immer in den Vordergrund gestellt werden. Und doch scheint es mir, als ob Buffons Versuch, besonders da er etwa 50 Jahre älter ist als der Laplacesche, wohl einen Platz neben dem letzteren verdiente, welcher seinerseits wieder den des Königsberger Philosophen weit übertrifft.

Eine ziemlich bittere, wenn auch treffende Kritik der vielschreibenden, unklaren Kosmogoniker seiner Zeit gibt Buffon mit folgenden Worten: „Ich hätte ein ebenso dickes Buch wie Burnet oder Wiston schreiben können, wenn ich die soeben dargelegten Meinungen hätte ausdehnen wollen, und ich hätte ihnen zugleich auch dadurch Gewicht verleihen können, indem ich ihnen ein mathematisches Gewand umhing, wie letzterer es gemacht hat; aber ich glaube, daß Hypothesen, so wahrscheinlich sie auch sein mögen, nicht mit einem solchen Apparat, der ein ganz klein wenig nach Charlatanerie schmeckt, behandelt werden sollten."

Laplace hat gegen dieses System mit Recht eine Bemerkung gemacht, die ohne Zweifel Buffons Hypothese in Mißkredit brachte. Buffon sagt selbst: wenn ein Projektil von einem Punkt der Erde ausgeworfen wird, so wird es, wenn es eine geschlossene Bahn beschreibt, zu seinem Ausgangspunkt zurückkehren, also nur während kurzer Zeit (höchstens einen Umlauf) von der Erde getrennt sein. Ebenso müßten auch die abgesplitterten Sonnenstücke sich zur Sonne

zurückwenden. Daß sie es nicht tun, beruht auf verschiedenen hinzutretenden Umständen. Darüber sagt die große Autorität auf dem Gebiet der himmlischen Mechanik: „Die Stöße, welche die verschiedenen abstürzenden Stücke einander erteilen und ihre gegenseitige Anziehungskraft können ihre Bewegungsrichtung verändern und ihre Perihelien (die der Sonne am nächsten liegenden Punkte ihrer Bahnen) von der Sonne entfernen.“ So weit hat Buffon also Recht. „Aber“, fährt Laplace fort, „ihre Bahnen mußten gleichwohl stark exzentrisch sein, oder wenigstens scheint es außerordentlich unwahrscheinlich, daß sie alle fast kreisförmige Bahnen haben sollten.“ Buffon hatte wohl gewußt, daß die Planetenbahnen fast kreisförmig sind, aber keine Erklärung für diese Regelmäßigkeit gegeben. Deshalb muß sein System bedeutend modifiziert werden, um der Wirklichkeit zu entsprechen. Dagegen kann man unmöglich die Bemerkung Laplaces verstehen, daß Buffon die äußerst exzentrischen Bahnen der Kometen nicht würde erklären können. Buffon hat ja gar nicht (wie später Kant) angenommen, daß die Kometen zum Sonnensystem gehören, sondern in Übereinstimmung mit Laplace geglaubt, daß sie von außen her, aus dem Raum, eingewandert seien. Unter diesen Umständen müssen ihre Bahnen stark exzentrisch sein, wie Laplace klarlegt. Buffon hat sich gar nicht näher auf diese Frage eingelassen. Das mag als Unvollständigkeit, aber nicht als Unrichtigkeit angesehen werden.

Wir gehen nun zu der zwölf Jahre jüngeren, von Buffon inspirierten Arbeit Kants über, die, wie wir sehen werden, kaum einen Vergleich mit der Buffonschen aushält.

Kant war ein junger Mann von 31 Jahren und hatte seine glänzende philosophische Laufbahn noch nicht begonnen, als er 1755 eine Schrift „Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ herausgab, in welcher er das ebenerwähnte Problem mit Anwendung des Newtonschen Resultats behandelt. Der Himmelsraum war nach seiner Ansicht leer und die Planeten konnten nicht, wie Descartes meinte, von

einem Wirbel ergriffen werden. Aber wenn die Planeten schon einmal in Gang gebracht waren, bedurfte es keiner treibenden Kraft mehr im leeren Raum.

Weshalb konnte man also nicht annehmen, daß der Wirbel einmal bestanden, die Planeten in Gang gesetzt hatte und dann verschwunden war? Das war Kants glücklicher Gedankengang, der etwas an den des Anaximandros erinnert. (Vgl. S. 52.)

„Ich nehme also an," sagt Kant, „daß am Anfang alle Materie, welche sich jetzt in der Sonne, den Planeten und den Kometen befindet, im Raume ausgebreitet war, wo diese Körper jetzt kreisen." Gegen den Mittelpunkt dieser Staubmasse, dorthin, wo jetzt die Sonne ist, richtete sich die Attraktion der übrigen Partikeln. Die materiellen Partikeln (die Kant sich fest oder flüssig denkt, denn er spricht davon, daß die spezifisch schwersten die größte Wahrscheinlichkeit besitzen, auf die Sonne niederzufallen), fangen dann sofort an, gegen das Zentrum der Staubmasse zu fallen. Dabei ereignet es sich zuweilen, daß sie aneinander stoßen und zur Seite geworfen werden. So entstehen Bewegungen in geschlossenen Bahnen (Kant sagt Kreisbahnen) um den Mittelpunkt. Die Körper, welche sich in diesen Bahnen bewegen, stoßen immer wieder aneinander, bis sie sich durch erneute Zusammenstöße so geordnet haben, daß sie sich alle in kreisrunden Bahnen und in der gleichen Richtung um das Zentrum bewegen. Ein Teil der Körper, die gegen das Zentrum stürzen, hat ebenfalls diese Bewegung angenommen und versetzt dadurch auch die Sonne in eine Rotation um die Achse in derselben Richtung.

Da nun aber die Verteilung um das Zentrum ursprünglich gleichförmig war, weshalb sollte da die schließliche Bewegung von rechts nach links, und nicht ebenso gut von links nach rechts gerichtet sein? Aristoteles meinte, die letztere Bewegungsrichtung, welche er bei den um die Erde kreisenden Himmelskörpern annahm, sei vornehmer, der Götter würdiger. Kant wieder ist der Ansicht, daß eine der

beiden Richtungen überwiegen wird. Das ist nur dann richtig, wenn die materiellen Punkte von Anfang an eine Wirbelbewegung in bestimmter Richtung um einen gegebenen Punkt hatten, wie Descartes voraussetzt. Da Kant diese Voraussetzung nicht macht, so ist auch nach seinem System die Bildung des Planetensystems mit einer gegebenen stark vorherrschenden Bewegungsrichtung unmöglich. Sonderbarerweise hat der große Philosoph Spencer hundert Jahre später denselben Fehler begangen.

Ferner meinte Kant, daß in der einmal in Wirbelbewegung gesetzten Materie die schwersten Partikeln die größte Wahrscheinlichkeit haben müßten, sich bis zum Zentrum durchzuschlagen, ehe sie Zeit fanden, die schließliche Kreisbewegung anzunehmen. Aus diesem Grund müßten die der Sonne nächsten Planeten das größte spezifische Gewicht haben, wie Swedenborg und Buffon behaupteten, was aber nicht richtig ist. Ebenso behauptete Kant, daß der Zentralkörper spezifisch leichter sein müßte, als die nächsten ihn umkreisenden Körper. Indessen ist der Mond leichter als die Erde. Kant war allerdings der entgegengesetzten Meinung.

Sodann sollten sich in den um die Sonne kreisenden Meteorstaubringen einige Partien von größerer Dichte befinden und um diese sollte sich allmählich die übrige Materie in den betreffenden Ringen konzentrieren; auf diese Weise würden Planeten und Kometen gebildet. Wenn nun diese Partien in den Ringen, die sich nach und nach um sie zusammenballen, vollkommen symmetrisch lägen, so würden die Planeten absolut kreisförmige Bahnen erlangen, da sie alle in genau derselben Ebene liegen. Kant glaubt, daß man die Abweichungen der Planetenbahnen von der Kreisform und die Neigung gegen die Ekliptik mit einem von Anfang an vorhandenen Mangel an Symmetrie erklären kann. Es ist aber unerklärlich, wie ein solcher Mangel an Symmetrie von Anfang an bestehen konnte, da ja eine gleichförmige Verteilung der Materie um die werdende Sonne als Mittelpunkt vorausgesetzt wird. An anderer Stelle wird angedeutet,

daß je geringer die Stärke der Schwerkraft, d. h. je größer der Abstand des Planeten von der Sonne, desto größer müßte auch die Exzentrizität der Planetenbahn sein. Das stimmt auch, wie Kant anführt, bei Saturn, Jupiter, Erde und Venus. Er nennt aber nicht Merkur und Mars, die außer den kleinen Planeten die stärkste Exzentrizität aufweisen und deshalb gar nicht in sein System passen. Kant betrachtet, wie Descartes, die Kometen als außerhalb des Saturn gehörig, woraus auch ihre große Exzentrizität folge.

Diese Anschauung stimmt jedoch ganz und gar nicht mit der Wirklichkeit überein, wie schon Newton und Halley gezeigt hatten. Deshalb sollen, nach Kant, auch die Kometen spezifisch leichter sein als der Saturn (was wahrscheinlich nicht richtig ist, soweit es ihren Kern betrifft).

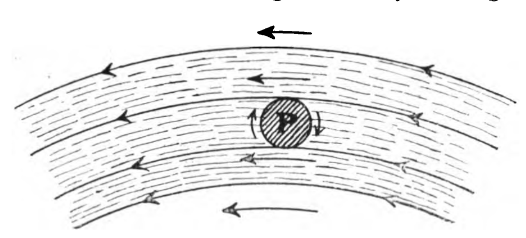


Fig. 23. Schematische Darstellung eines Planeten P, der im Begriff ist, sich aus einem, um ein Zentrum unterhalb P kreisenden Meteorstrom zu bilden. Die vier mittleren Pfeile zeigen die Geschwindigkeit der verschiedenen Teile des Meteorstroms an, die von unten nach oben abnimmt. Da die Rotationsgeschwindigkeit unterhalb P größer ist als oberhalb, so wird sie, bei einem Zusammenschluß der Meteore aus den verschiedenen Ringen, unten die Oberhand gewinnen und P wird daher in umgekehrter Richtung (von links nach rechts) rotieren, wie die Meteorringe (von rechts nach links).

Wie man aus all diesem ersieht, stützt sich Kants Kosmogonie auf eine Menge phantastischer Angaben, die den tatsächlichen Verhältnissen gar nicht entsprechen. Es wäre noch mehreres dieser Art nachzuweisen, bietet aber nur geringes Interesse. Wichtiger ist, daß, wie Faye nachwies, ein Planet, der auf die von Kant angegebene Weise sich aus einem Ring zusammengeballt hat, eine Rotationsrichtung erhalten müßte, die entgegengesetzt derjenigen der Sonne und der für alle (zu Kants Zeit bekannten) Planeten charakteristischen sein müßte.

Nehmen wir an, daß wir in Fig. 23 einen solchen Ring hätten, so laufen die äußersten Staubmassen, nach den

Gesetzen der Planetenbewegung, mit geringerer Geschwindigkeit, als die inneren, näher an der Sonne gelegenen. Daraus folgt, daß wenn solche Staubmassen sich zu einem Klumpen vereinigen, derselbe sich rascher von rechts nach links an seiner inneren, der Sonne zugewendeten Seite bewegen muß, als an der äußeren. Mit andern Worten, der Planet wird sich von links nach rechts drehen, oder in entgegengesetzter Richtung wie die Sonne und die zu jener Zeit bekannten Planeten.

Es ist eigentümlich, daß Kant eine mechanische Erklärung für die Bildung der Saturnringe gibt, die ziemlich nahe mit der von Laplace für die Bildung unseres Planetensystems gegebenen übereinstimmt, indem er nämlich von der Annahme ausgeht, daß die ganze Saturnmasse ursprünglich eine große Ausdehnung gehabt und um ihre Achse rotiert habe. Als sie sich zusammenzog, hatten einzelne Partikeln zu große Geschwindigkeit erlangt, um auf die Oberfläche niederzufallen; sie blieben also zurück und bildeten ringförmige Ansammlungen von Monden. Er glaubt auch, daß die Saturnmonde möglicherweise ähnlich entstanden sein könnten. Daß er bei der Entwicklung des Sonnensystems nicht auch eine derartige ursprüngliche Rotation annahm, beweist, wie wenig er den Gedanken durchgearbeitet hat. Er meint, das Zodiakallicht entspräche einer schwachen Ringbildung um die Sonne. — Ebenso kann man es eine Schwäche nennen, daß Kant sich vorstellt, die am weitesten innen im Ring gelegenen Partikeln hätten sich ursprünglich am Äquator des Planeten befunden, und sich von da aus, unter Beibehaltung ihrer Geschwindigkeit, zu ihrer gegenwärtigen Höhe erhoben, was geradezu den Gesetzen der Schwere widerspricht. Dann berechnet er aus der Umlaufszeit des Ringes die Geschwindigkeit des Saturn am Äquator und daraus seine Rotationszeit zu 6 Stunden, 23 Minuten und 53 Sekunden. Er ist sehr stolz auf dieses Resultat, von dem er sagt, daß es „vielleicht die einzige Voraussagung ihrer Art innerhalb der eigentlichen Naturlehre" sei. Die Rotations-

zeit des Saturn ist aber in der Tat 10 Stunden, 13 Minuten. In diesem Zusammenhang versucht Kant nun, eine Erklärung der Sintflut zu geben, ein Gegenstand, der damals die Männer der Wissenschaft stark beschäftigte. Kant sagt, daß das im ersten Buch Moses erwähnte „Wasser unter der Veste“ wahrscheinlich aus einer ringförmigen Verteilung von „Wasserdünsten“ um die Erde bestand, dem Saturnring entsprechend. Dieser Erdring sollte zur Beleuchtung der Erde dienen, und wenn die Menschen sich dieses Vorzugs unwürdig zeigten, sie durch eine Überschwemmung strafen. Letzteres trat ein, als der Ring plötzlich auf die Erde niederfiel. Dieses Bestreben, die Erzählungen der biblischen oder klassischen Schriftsteller naturwissenschaftlich zu erklären, finden wir immer wieder in den wissenschaftlichen Untersuchungen jener Zeit.

Kant nimmt eine im Jahr 1750 von Wright ausgesprochene Idee auf, nach welcher die mittlere Ebene der Milchstraße der Ekliptik unseres Planetensystems entsprechen würde. Wie die um die Sonne kreisenden Planeten sich nicht weit von der Ebene der Ekliptik entfernen, so würden sich auch die Sterne zum größten Teil in Bahnen bewegen, die wenig von der mittleren Ebene der Milchstraße abweichen. Diese Sterne, zu denen unsere Sonne gehört, sollten sich um einen Zentralkörper bewegen, dessen Lage unbekannt ist, möglicherweise aber durch Beobachtungen festgestellt werden könnte. Nach Nyrén hat Wright alle wichtigen Punkte dieser Auffassung ebenso klar dargestellt wie Kant.

Schließlich hat sich Kant auch über das Erlöschen der Sonne ausgesprochen. Aus Mangel an Luft und durch Anhäufung von ausgebrannter Asche werden die Flammen auf diesem (nach der damals gebräuchlichen Vorstellung) brennenden Himmelskörper erlöschen.

Während ihres Brandes hat die Sonne ihre flüchtigsten und feinsten Bestandteile verloren, die sich nun zu dem Staub sammeln, der als Sitz des Zodiakallichts angenommen wird. Sehr dunkel deutet Kant an, daß das von ihm aufgestellte

„Gesetz über den Untergang der Sonne einen Keim zur Wiedervereinigung der zerstreuten Partikeln in sich schließt, auch wenn diese sich mit dem Chaos vermischt haben." Nach dieser und andern Äußerungen, auf die wir später zurückkommen werden, scheint Kant zu denken, daß die Materie einen Kreislauf beschreibt, indem sie sich abwechselnd zu Sonnen konzentriert und dann wieder in ein chaotisches Wirrwarr zerstäubt. (Vgl. die Ansicht von Demokritos S. 55.)

Kants Kosmogonie gehört zu den Hypothesen, nach welchen das Planetensystem sich aus kosmischem Staub oder einer Ansammlung von kleinen Meteoriten entwickelt hat. Diese Idee ist nachher von Nordenskiöld und Lockyer aufgenommen und von Darwin mathematisch entwickelt worden, welch letzterer zeigte, daß eine Ansammlung von solchen kleinen Körpern sich in vieler Beziehung wie eine Gasmasse verhält. Laplace hingegen, der am Schluß seines „Système du monde" eine mechanische Erklärung der Entwicklung des Sonnensystems zu geben versucht, geht von der Annahme einer glühenden Gasmasse aus, die von Anfang an eine wirbelnde Bewegung von rechts nach links (von Norden aus gesehen) um eine durch ihren Schwerpunkt gehende Achse beschreibt. Der Unterschied ist sehr bedeutend, wurde aber oft übersehen. Das ist vermutlich Folge einer Äußerung Zöllners über die „Nebularhypothese", wonach er „den Beweis dafür liefern will, daß diese Hypothese nicht von Laplace, sondern von Kant, Deutschlands Philosophen begründet ist".

Laplaces Darstellung ist wie folgt: „Im Urzustand glich die Sonne, wie wir annehmen, den Nebelflecken, die uns das Teleskop (vgl. Herschels Untersuchungen über diesen Punkt, S. 110) zusammengesetzt zeigt, aus einem mehr oder weniger leuchtenden Kern, umgeben von einem Nebel, der sich um den Kern kondensiert und ihn dadurch in einen Stern verwandelt." „Die Sonne kann sich nicht bis ins Unendliche ausdehnen, ihre Grenzen sind durch die Punkte bestimmt, wo die von der Rotation hervorgerufene Zentrifugalkraft der Schwerkraft gleichkommt." Da die Gasmasse der Sonne

sich durch Abkühlung langsam zusammenzieht, so wächst die Zentrifugalkraft. Nach Keplers zweitem Gesetz würde jede Partikel im Lauf einer Sekunde einen Bogen beschreiben, der umgekehrt proportional seinem Abstand vom Sonnenzentrum ist. Hieraus folgt, daß die Zentrifugalkraft beim Zusammenziehen umgekehrt zur dritten Potenz des Abstandes

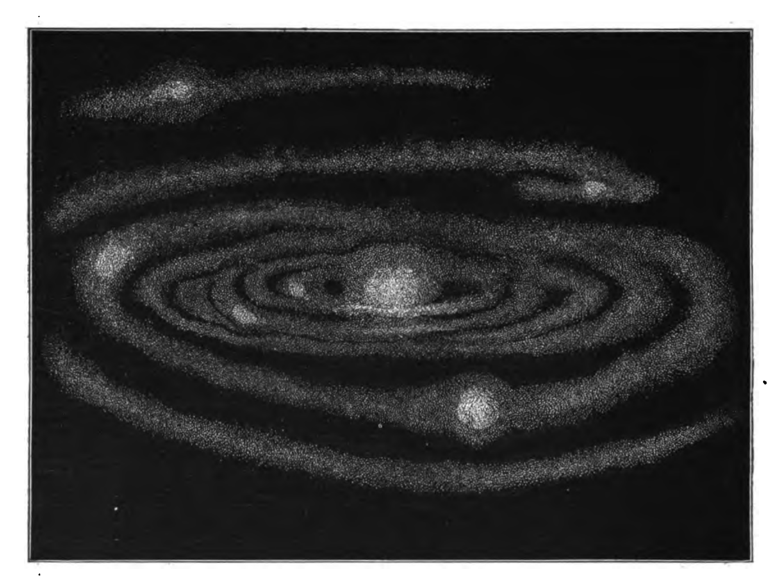


Fig. 24.
Schematische Darstellung der Ringbildung aus einem Nebelfleck, wie sie Laplace erklärte. In der Mitte erscheint der Zentralkörper, die Sonne, um welche sich beim Zusammenziehen des Nebelflecks Ringe bilden. Ein Teil der Ringe ist geborsten, in einigen erscheinen Verdichtungen der Nebelfleckmaterie, die sich nachher zu Planeten ausbilden. Aus „Weltall und Menschheit".

vom Mittelpunkt zunimmt, während die nach innen gerichtete Schwerkraft umgekehrt zur zweiten Potenz derselben Größe wächst. Die Folge davon aber ist, daß sich beim Zusammenziehen der glühenden Gasmasse eine gasförmige Scheibe absondert, die um die Sonne kreist wie ein kleiner Planet im gleichen Abstand. Laplace nimmt nun an, daß diese Scheibe sich in glühende Gasringe zerteilt habe, deren jeder wie ein Ganzes rotierte, und dann, abgekühlt, einen festen oder flüssigen Ring gebildet habe.

Doch das ist physikalisch unmöglich. Bei der Abkühlung würden kleine Staubkörnchen abgeschieden werden, die in den umgebenden Gasen schwebten. Aus diesen würden sich nach und nach vielleicht größere Aggregate bilden, die bei weiterer Abkühlung die Gase auf sich kondensierten. Auf diese Weise würde man einen Staubring erhalten von derselben Art, wie Kant sie sich um den Saturn vorstellt, und derselbe würde, wenn er sich zu einem Planeten zusammenballte, eine der beobachteten entgegengesetzte Bewegung erhalten. Übrigens würde, wie Stockwell und Newcomb nachwiesen, ein solches Zusammenwachsen zu einer einzigen großen Masse nicht vor sich gehen, ohne daß eine Ansammlung kleiner Meteoriten entstünde, genau wie die, welche im Saturnring kreisen. Außerdem würde nach Kirkwood der Neptunring nicht weniger als 120 Millionen Jahre gebraucht haben, um sich zu einem Planeten zu verdichten.

Ferner müßten alle Planetenbahnen kreisförmig sein und in der gleichen Ebene liegen. Gewiß sagt Laplace, daß „man versteht, wie die großen Ungleichheiten in bezug auf Dichte und Temperatur in den verschiedenen Teilen eines jeden Ringes die Abweichungen erklären können." Es ist sehr wahrscheinlich, daß Laplace selbst nicht allzufest von dieser Ursache überzeugt war, da er später sagt, daß Kometen (die nach ihm nicht zum Sonnensystem gehören) in die Sonnennähe geraten, gegen Planeten stießen, die eben in der Bildung begriffen waren, und so die Abweichungen verursachten. Andere Kometen sind ins Sonnensystem eingedrungen, als die Kondensation der Gasmasse beinahe vollendet war; sie verloren so viel an Geschwindigkeit, daß sie dem Sonnensystem mit einverleibt wurden, aber ihre ovale, von der Kreisform stark abweichende Bahn beibehielten.

Der gewichtigste Einwand gegen die Laplacesche Hypothese ist wohl der, daß die Monde um Uranus und Neptun in entgegengesetzter Richtung laufen wie die andern Planetenmonde. Dasselbe gilt auch für den im Jahre 1898 von

Pickering entdeckten Saturnmond Phoebe, während die andern neun, bedeutend näher am Saturn gelegenen Monde sich in der gewohnten Richtung drehen.

Es ist, wie man sieht, Laplace geglückt, einige Schwierigkeiten zu vermeiden, die der Buffonschen Hypothese anhaften (die geringe Abweichung der Bahnen von der Kreisform), aber stattdessen ist er auf andere, kaum geringere gestoßen. Dagegen gibt uns die Laplacesche Hypothese ein ausgezeichnetes Bild von der Entstehung der Saturnringe.

Gleichzeitig mit Laplace lebte und wirkte Herschel in England. Er hat die Nebelflecke mit seinem großen Teleskop studiert und ist dadurch zu der Ansicht gelangt, daß sie sich in einer Art Entwicklung befinden müßten (1811). Er beobachtete Nebel, die ein diffuses, grünliches, phosphoreszierendes Licht zeigten. Dies hielt er für den Urzustand. Die Spektralanalyse hat die Bestätigung dafür geliefert und nachgewiesen, daß die leuchtenden Massen aus Gasen, hauptsächlich aus Wasserstoffgas und Helium und einem sonst unbekannten Stoffe, Nebulium, bestehen. In andern Nebelflecken beobachtete Herschel eine schwache Verdichtung des Nebels in der Mitte; in anderen wieder konnte er deutlich Sterne im Innern wahrnehmen, und schließlich gab es auch solche, in denen der Nebel fast vollständig verschwunden und einem Sternhaufen gewichen war.

Diese einfachen, aber weit umfassenden Beobachtungen haben der Kritik der Zeit besser standgehalten, als die früher so außerordentlich bewunderte Laplacesche Hypothese. Die Gerechtigkeit erfordert indessen anzuerkennen, daß Laplace selbst, wie es den Anschein hat, seiner Hypothese keinen hervorragenden Platz unter seinen Arbeiten hat anweisen wollen, denn er hat sie in Form einer Note, am Schluß seines klassischen Werkes „Exposition du Système du Monde“ veröffentlicht.

Es ist dies das große Werk, in welchem er die Stabilität unseres Planetensystems untersucht hat und zu folgendem Schluß gekommen ist: „Wie auch die Masse der Planeten

beschaffen sein mag, so ist mir doch nur dadurch, daß sie alle sich in gleicher Richtung und in fast kreisrunden Bahnen bewegen, die nur wenig gegeneinander geneigt sind, der Beweis geglückt, daß die sekulären Veränderungen ihrer Bahnen periodisch sind und sich in engen Grenzen bewegen, so daß das Planetensystem nur um einen mittleren Zustand schwankt, von dem es sich stets nur unbedeutend entfernt." Ferner wies er nach, daß die Länge des Tags sich seit dem Jahr 729 v. Chr. nicht um $^1/_{100}$ Sekunde geändert habe.

Damit hatte Laplace, teilweise von Lagrange unterstützt, den Newtonschen Gedanken von der wunderbar gesicherten Stabilität des Sonnensystems weiter ausgeführt. Es schien, als sei dem Planetensystem ein ewiger Bestand gesichert, was bei der Annahme, daß es doch irgendwie einen Anfang gehabt habe, wunderbar genug war.

In dieser Hinsicht ist Kants Auffassung ohne Zweifel die richtigere, wenigstens unserer heutigen mehr entsprechende.

VII.

Neuere wichtige Entdeckungen in der Astronomie. Die Sternenwelt.

Während Laplace seine oben besprochenen Untersuchungen auf unser Planetensystem beschränkte und Swedenborg, Wright und Kant nur allgemeine Ansichten über die übrigen Himmelskörper äußerten, von denen vielleicht diejenige Wrights, daß die Sterne der Milchstraße, sowie auch unsere Sonne, in Bewegung begriffen sind, die bemerkenswerteste ist, machte Herschel (1738—1822) den ganzen großen Sternenraum zu seinem Arbeitsgebiet. Schon Halley (1656 bis 1742) war die Beobachtung geglückt, daß einige Sterne im Laufe der Jahrhunderte und selbst seit der Zeit Tycho Brahes bis Ende des siebzehnten Jahrhunderts ihre Lage verändert hatten. Kurz darauf arbeitete Bradley (1692—1762) mit einer bis dahin unerreichten Genauigkeit einen Sternenkatalog aus. Herschel, dem derselbe bei seinen Untersuchungen über die Veränderung der Stellung der Sterne zur Verfügung stand, fand, daß eine solche in ganz beträchtlichem Maße stattgefunden hatte. Er beobachtete auch, daß die Sterne sich an einem Teile des Himmels einander näherten, während sie sich an einem entgegengesetzten Punkte voneinander entfernten, und erklärte diese Erscheinung mit der Veränderung des Gesichtswinkels der Gegenstände, der sich vergrößert, wenn man sich ihnen nähert, und sich verkleinert, wenn man sich von ihnen entfernt. Hier sind aber die „Gegenstände" die Verbindungslinien zwischen den Sternen, und Herschel konnte auf dieser Grundlage den Punkt be-

stimmen, auf welchen die Sonne und die zu ihr gehörigen Himmelskörper zuwandern.

Diese zuerst von Halley, dann von Herschel an den Sternen beobachtete Bewegung nennt man deren Eigenbewegung. Sie wird gewöhnlich durch Messung der Verschiebung der Sterne gegen den Hintergrund bestimmt, der mit einer großen Menge außerordentlich weit entfernter Sterne besät ist, an deren überwiegender Mehrzahl man wegen des allzu großen Abstandes eine Bewegung nicht mehr wahrnehmen kann.

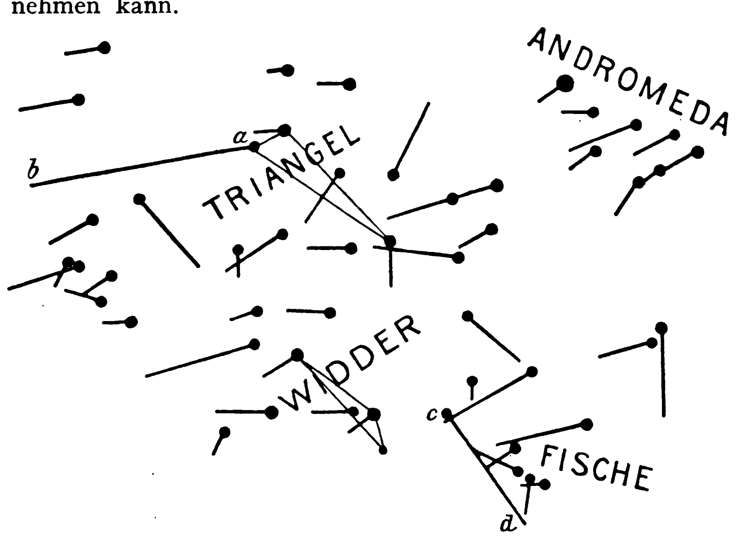


Fig. 25.

Die Richtigkeit großer Entdeckungen wird anfangs meistens bestritten. Kein Geringerer als Bessel behauptete, Herschels Entdeckung sei zweifelhaft. Dagegen gab Argelander, der sich durch seine sorgfältigen Messungen über Stellung und Lichtstärke der Sterne ein außerordentlich großes Verdienst erworben hat, Herschel wieder recht, und seine Ansicht wurde von allen späteren Forschern auf diesem Gebiete bestätigt, unter denen Kapteyn, dem folgende Darstellung teilweise entnommen ist, besonders hervorgehoben zu werden verdient.

Die obige Figur (Fig. 25) gibt die Bewegung der Sterne an einem Teile des Himmels zwischen dem Triangel, der Andromeda, dem Widder und den Fischen wieder.

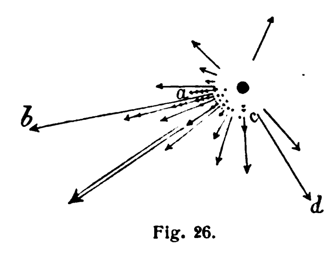


Fig. 26.

Die kleinen schwarzen Kreise geben die gegenwärtige Lage der Sterne an. Die von diesen ausgehenden geraden Linien deuten die Bahnen an, die diese Sterne während der nächsten 3500 Jahre beschreiben werden. Man ersieht daraus, dafs die Sternbilder um jene Zeit ein ganz bedeutend verändertes Aussehen haben werden. Die Sterne bewegen sich durchaus nicht in parallelen Bahnen, auch nicht mit gleicher Geschwindigkeit, aber man beobachtet doch deutlich die überwiegende Richtung schräg abwärts nach links. Läfst man alle Richtungen von demselben Punkte ausgehen, wie in Figur 26, so erkennt man die vorherrschende Richtung noch deutlicher; sie ist durch einen Pfeil mit doppeltem Schaft bezeichnet. (Fig. 26.)

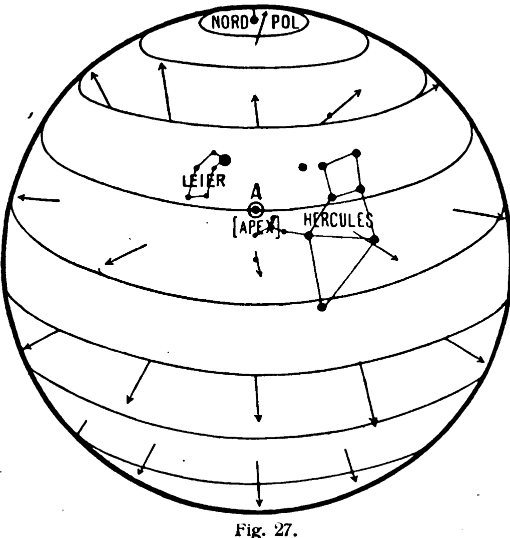


Fig. 27.

Wenn man nun solche „Resultanten" der Bewegungsrichtung auf einen Himmelsglobus einzeichnet, so erhält man Fig. 27. Die verschiedenen Pfeile strahlen alle von einem Punkt am Himmelsglobus aus, der „Apex" genannt wird, und offenbar derjenige Punkt ist, gegen den sich die Sonne hin bewegt, denn die Sterne scheinen

sich nach allen Richtungen von da zu entfernen. Das stimmt natürlich nur für eine mittlere Bewegung der Sterne, von welcher jeder einzelne in seiner Eigenbewegung eine gröfsere oder geringere Abweichung zeigt. Daraus ist aber auch ersichtlich, daß die Sterne sich auch gegeneinander verschieben, und es nicht die Sonne allein unter der Sternenschar ist, die vorwärts schreitet. Diese letzte Figur von Kapteyn gibt ein außerordentlich anschauliches Bild, aus dem unwiderleglich hervorgeht, daß Herschels Ansicht richtig ist, denn die Sonne geht auf einen Punkt (A) am Himmel zu, der im Sternbild des Herkules, nahe dessen Grenze am Sternbild der Leier gelegen ist. Sie entfernt sich vom Sternbild des großen Hundes, das an der entgegengesetzten Seite des Himmels liegt.

Die Behauptung Wrights, daß die Sterne der Milchstraße — wie die Planeten im Sonnensystem — sich in derselben Richtung bewegen, ist von Schönfeld und Kapteyn geprüft worden. Es fand sich keine Andeutung einer derartigen Regelmäßigkeit. Dagegen beobachtete Kapteyn eine andere Gesetzmäßigkeit. Die Eigenbewegung der Sterne schien ihm das Vorhandensein von zwei Sternschwärmen anzudeuten, von denen der eine sich gegen den Stern Xi zu, im Sternbild des Orion, der andere in gerade entgegengesetzter Richtung bewegt. Wahrscheinlich wird uns die weitere Untersuchung dieser Gesetzmäßigkeiten neue, interessante Aufschlüsse bringen.

Diese Erscheinungen gewannen ein bedeutend höheres Interesse als es gelang, den Abstand der Fixsterne von der Sonne aus ihrer scheinbaren jährlichen Bewegung am Himmel zu bestimmen. Da nach der Lehre des Aristarch und Kopernikus die Erde sich im Raume bewegt, so muß sie zu einer Zeit des Jahres näher an einem gegebenen Stern stehen als zu einer andern. Danach konnte man mit Recht eine der besprochenen ähnliche Erscheinung, wenn auch von periodischer Natur, erwarten und hoffen, manche Sternbilder alljährlich an Größe abwechselnd zu- und abnehmen zu sehen.

Das wollte aber lange nicht glücken, und schon Aristarch nahm deshalb an, daß die Sterne so weit von uns entfernt sind, daß ihre Entfernung unendlich erscheint, und deshalb eine jährliche Änderung im Gesichtswinkel der Sternbilder nicht mehr wahrgenommen werden kann. Kopernikus war auch dieser Ansicht, aber Tycho Brahe erschien sie so unwahrscheinlich, daß er auch darin einen Grund fand, die Erde als im Raume stillstehend und als Mittelpunkt des Weltalls zu betrachten. Indessen unterließen die Astronomen nicht, der erwarteten Erscheinung immer eifriger nachzuspüren, und endlich gelang es Bessel 1838, am Stern 61 im Schwan eine schwache vor- und rückwärtsgehende jährliche Bewegung festzustellen. Aus dieser Bewegung wurde der Abstand des Sterns bestimmt, und derselbe erwies sich als so groß, daß das Licht 10 Jahre nötig hat, um vom Stern zur Sonne zu gelangen. Man sagt daher, dieser Abstand beträgt 10 Lichtjahre. Ein Lichtjahr ist $9{,}5 \cdot 10^{12}$ oder rund 10 Billionen Kilometer oder 63000mal so groß als die Entfernung der Erde von der Sonne. Man hat nun mit immer mehr verfeinerten Hilfsmitteln die Abstände anderer Sterne gemessen. Der Stern Alpha im Centauren erwies sich, mit immerhin noch 4,3 Lichtjahren als der der Sonne am nächsten stehende. Acht Sterne, darunter der Sirius, sind zehn Lichtjahre und weniger entfernt. Der mittlere Abstand zwischen den Sternen in unserer Gegend des Sternhimmels ist etwas mehr als zehn Lichtjahre. In der Entfernung von unter 20 Lichtjahren stehen 28 bekannte Sterne und von weniger als 30 Lichtjahren 57. Aristarch und Kopernikus haben also recht behalten. Damit war auch der letzte Einwand gegen die Bewegung der Erde in ihrer Bahn beseitigt. Da man nun die Eigenbewegung, das heißt die Winkelgeschwindigkeit und den Abstand der Sterne kennt, so kann man ihre wirkliche Geschwindigkeit leicht berechnen. Man erhält jedoch nur denjenigen Teil der Geschwindigkeit, der in eine gegen die Gesichtslinie winkelrechte Richtung fällt. Als Beispiele mögen folgende Geschwindigkeiten angeführt werden: bei

Vega 10, — Alpha im Centauren 23, — Capella 35, — 61 im Schwan 60 und Arkturus etwa 400 km in der Sekunde.

Wüßte man nun auch die Geschwindigkeit der Sterne in der Richtung der Gesichtslinie, so würde man ihre Bewegung ganz bestimmen können. Die Spektralanalyse, die seit ihrer Einführung 1859 die Astronomie der Sterne ganz und gar umgestaltet hat, lehrte uns auch diese Bestimmung. Sie ist für die fünf genannten Sterne —19, —20, +20, —62 und —5 km pro Sekunde. Ein + bedeutet hier, daß der Stern sich von der Sonne entfernt, ein —, daß er sich ihr nähert. Wie man aus diesen Werten sieht, haben die Sterne zuweilen sehr große Geschwindigkeiten relativ zueinander, — die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, etwa 30 km in der Sekunde mag damit verglichen werden.

Aus der Bewegung der Sterne in der Richtung der Gesichtslinie war es noch leichter, als aus ihrer Eigenbewegung zu berechnen, welchem Punkte am Himmel die Sonne sich nähert. Campbell fand bei einer derartigen Berechnung, daß, unter der Annahme, daß die Vergleichssterne im Mittel still stehen, d. h. sich ebenso schnell von der Sonne weg, wie auf sie zu bewegen, diese im Raume mit einer Geschwindigkeit von 20 km in der Sekunde gegen einen Punkt hin eilt, der sehr nahe mit dem aus der Eigenbewegung der Sterne berechneten zusammenfällt. Danach gibt es kaum mehr einen Zweifel, daß man die beobachteten Erscheinungen richtig gedeutet hat. Es wäre nun von größtem Interesse, ob die Sonne sich immer auf den gleichen Punkt am Himmel, zu, also in einer geradlinigen Bahn, bewegt, oder ob sich diese Bahn sanft krümmt. Aus der Größe der Krümmung könnte man berechnen, welche Kräfte die Bewegung der Sonne auf ihrer Bahn durch den Raum bestimmen. Wir haben eine noch viel zu kurze Zeit zu derartigen Beobachtungen gehabt, um diese äußerst wichtige Frage beantworten zu können.

Sicher ist, daß nicht, wie Wright und Kant glaubten, alle sichtbaren Sterne um einen gemeinsamen, großen Zentral-

körper kreisen, wie die Planeten um die Sonne, sondern, daß ihre Bewegungen gegeneinander ziemlich unregelmäßig erscheinen. Daher ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Sonne auf ihrer abenteuerlichen Fahrt einmal an einen anderen Stern oder Nebelfleck stoßen wird. Bis dieser Zusammenstoß mit einem anderen ebenso großen, leuchtenden Stern sich ereignen kann, müßte die Sonne etwa 100000 Billionen Jahre vorwärts wandern. Die Zeit für eine ungestörte Wanderung der Sonne wird aber dadurch bedeutend verkürzt, daß vermutlich eine beträchtlich größere Anzahl erloschener, als leuchtender Sonnen im Raume schweben. Äußerst leicht kann aber die Sonne in einen der Nebelflecke hineingeraten, deren sehr viele am Himmel sind und von denen viele große Räume des Sternenhimmels einnehmen, im Gegensatz zu den Sternen, deren Ausdehnung am Himmel vergleichsweise verschwindend klein zu nennen ist. Vielfach wird geglaubt, in einem solchen Nebelfleck würde die Sonne in ihrem Laufe gehemmt und dadurch zum Erglühen gebracht werden. Sie würde ein sogenannter neuer Stern werden, wie derjenige, der im Jahre 1901 im Perseus aufflammte. Aus folgendem geht klar hervor, das dies unrichtig ist. Nach Laplaces Vorstellung bildete die Masse des Sonnensystems früher einen derartigen Nebel, der scheibenförmig ausgebreitet war und sich bis zur Neptunbahn erstreckte. Nimmt man die Dicke dieser Scheibe im Durchschnitt nicht größer als das Zehnfache des gegenwärtigen Sonnendurchmessers an, so war die Dichte des Nebels trotzdem durchschnittlich 420 Millionen mal geringer als die der Sonne. Käme nun die Sonne mit einer relativen Geschwindigkeit von 28,3 km in der Sekunde*) in einen solchen Nebel, so würde sie im Laufe eines Jahres keine größere Gasmasse als 2 Millionstel ihres eigenen Ge-

*) Diese Zahl erhält man als wahrscheinlichen Wert der relativen Geschwindigkeit zwischen einer Sonne und einem Nebelfleck, deren jedes sich mit einer Geschwindigkeit von 20 km gegen die Umgebung bewegt. Nach Campbells Messungen ist die Geschwindigkeit der Nebelflecke gleich der der Sonnen.



wichts zu durchlaufen haben. Ihre Geschwindigkeit würde sich entsprechend vermindern. Das würde eine Erhöhung der mittleren Temperatur der Sonne um etwa $0{,}2^0$ verursachen — vorausgesetzt, daß ihre spezifische Wärme der des Wassers gleicht. Diese ist wahrscheinlich höher, denn im allgemeinen nimmt die spezifische Wärme der Körper mit der Temperatur stark zu. Beschränkte sich die Temperaturerhöhung auch hauptsächlich auf die äußeren Sonnenschichten und die daraufstoßenden Gasmassen des Nebelflecks, so könnte sie sich doch nur sehr langsam entwickeln und es würde durchaus nicht zum plötzlichen Aufglühen, wie bei der Bildung neuer Sterne, kommen. Übrigens wäre eine Steigerung des Wärmeausstrahlungsvermögens der Sonne um 10% genügend, um ihre weitere Erwärmung zu verhindern. Eine so geringe Veränderung der Helligkeit eines Sterns würde kaum auffallen. Außerdem würde der Nebel in den äußeren Teilen bedeutend dünner sein, als die angegebene mittlere Zahl.

Nur in dem Falle, daß die Sonne an einen anderen Stern stieße oder vielleicht in die mittleren konzentrierten Teile des Nebels geriete, würde sie als neuer Stern mit einer Leuchtkraft aufflammen, die mehrere hundert- oder tausendmal größer sein würde, als sie je vorher war oder nachher sein wird.

Dagegen scheinen die Nebel Zusammenstöße zwischen Sonnen beschleunigen zu können. Es sammelt sich in ihnen nämlich sehr viel Material, das von allen Seiten und Himmelsgegenden in sie einwandert: Meteoriten, Kometen, vor allem kosmischer Staub. Diese Himmelswanderer haben solch geringe Masse, daß sie im Nebel stecken bleiben und dort allmählich mit der auf ihnen kondensierten Nebelmaterie zu größeren Körpern anwachsen, die dann infolge von Kontraktion als kleine Sterne aufglühen. Gerät die wandernde Sonne in ihre Nähe und kommt es zu einem Zusammenstoß, so werden von ihr große Gasmassen ausgestoßen, die ihre Geschwindigkeit vermindern und ihren Widerstand gegen

die Bewegung im Nebel vermehren. Auf diese Weise oder auch durch eine lange, andauernde Wanderung in den weitausgedehnten Nebeln können die Sonnen von letzteren eingefangen werden. Es besteht also für eine in einen solchen Nebel geratende Sonne viel größere Wahrscheinlichkeit, mit einer anderen dort eingefangenen zu kollidieren, als wenn sie sich auf ihrer Bahn durch den fast leeren Raum befindet.

Aus all diesen Gründen muß man die Zeit der freien Wanderung der Sonne durch die Himmelsräume bedeutend herabsetzen; ein Hundertstel der vorhin berechneten, also etwa 1000 Billionen Jahre, dürfte nicht zuviel sein. Natürlich ist diese Ziffer ganz unsicher und soll nur die ungefähre Größenordnung der Lebensdauer eines Himmelskörpers angeben.

Was nach einem Zusammenstoß zwischen zwei Himmelskörpern von der Größe unserer Sonne wahrscheinlich eintrifft, habe ich in meinem Buche „Das Werden der Welten" ausführlich geschildert. Es dringen zwei gewaltige Gasströme aus den aufeinander stürzenden Sonnen hervor und bilden, sich in ungeheure Weiten im Raume ausbreitend, eine doppelte Spirale, die charakteristischste Form der Nebelflecke. Die ausströmenden Massen bestehen hauptsächlich aus den schwerst kondensierbaren Gasen, besonders Helium und Wasserstoffgas, sowie aus kleinen Partikeln von leichter zu verdichtenden Stoffen, die sämtlich bei der Eruption eine so große Geschwindigkeit erhalten haben, daß sie sich aus dem Bereiche der merkbaren Anziehung der Zentralmasse zu entfernen vermochten. Dabei haben sie ihre Geschwindigkeit verloren und erhalten sich daher während langer Zeiten in fast unveränderter Lage, ohne ihre Spiralform zu verlieren. Die mit geringerer Kraft ausgestoßenen Massen dagegen wenden sich zur Explosionsstelle zurück und begegnen auf ihrem Wege anderen, später ausgeworfenen, besonders Gasen. Alle diese Materie bildet schließlich um den Zentralkörper, der (wie schon Buffon annahm) durch den Stoß in heftige Rotation geraten war, einen weit ausgedehn-

ten, von festen und flüssigen Partikeln durchsetzten Gasnebel. Am weitesten nach innen zu befindet sich der heftig glühende Zentralkörper, der nach dem Stoße sein Volumen bedeutend vermehrt hat und nach außen allmählich in die um ihn wirbelnde Gasmasse übergeht.

Gerade so dachte sich Laplace den Nebelfleck, aus dem das Sonnensystem hervorgegangen ist. Passen wir die Laplacesche Darstellung mit den nötigsten Abänderungen den wirklich beobachteten Verhältnissen an, so erhalten wir ein Bild davon, wie in dem Nebel die Entwicklung eines Sonnensystems von neuem beginnen kann. In dieser neuen Darstellung sind, wie wir sehen, die Lehren von Buffon und Laplace in gewisser Weise verschmolzen.

Die größte Geschwindigkeit besitzt der helle Stern Arkturus, der sich in der Sekunde etwa 400 km vorwärts bewegt. Er ist etwa 200 Lichtjahre von der Sonne entfernt und sendet ein dem Sonnenlicht sehr ähnliches Licht aus. Er ist demnach ungeheuer groß, ja man hat berechnet, daß er wohl 50000mal größer als die Sonne sein mag. Man kann sich die Folgen eines Zusammenstoßes von zwei derartigen Riesensonnen mit der enormen Geschwindigkeit des Arkturus vorstellen. Die ausgestoßenen Gasmassen würden sich in einen Wirbel ausbreiten, der sich vermutlich unbegrenzt nach allen Richtungen in fast der gleichen Ebene erstrecken würde. Man könnte sich denken, daß die Milchstraße vielleicht auf diese Weise entstanden ist, wenn hierbei nicht die Schwierigkeit wäre, daß wir innerhalb dieses Systems keinen Zentralkörper kennen (vgl. unten Ritters Ansicht). In einem solchen Riesennebel müßten sich im Verlaufe von Jahrmillionen große Mengen von kleineren Sternen angesammelt haben, die wiederum zusammenstoßen und die Entstehung neuer Wirbel verursachen. Fast alle neuen Sterne treten in der Nähe der Milchstraße auf, wo die Sterne selbst unvergleichlich viel dichter stehen als an andern Stellen des Raumes. Von neuen Sternen sieht man, sobald sie erloschen sind, nur einen Gasnebel und in der Nähe der Milchstraße sind die

Gasnebel ebenfalls sehr stark konzentriert. Haben die Nebelmassen Zeit gefunden, sich wieder auf eingewanderten Staubmassen zu sammeln, so entstehen Sternhaufen, wie solche auch hauptsächlich in jener Gegend vorkommen. Die Spiralnebel erweisen sich durch ihr Spektrum als Sternhaufen, die so weit entfernt sind, daß man die einzelnen Sterne darin nicht unterscheiden kann. Sie finden sich meist in denjenigen Teilen des Himmels, wo Sterne am seltensten sind, nämlich an den Polen der Milchstraße, also in weitester Entfernung von ihr. Dort sind sie äußerst häufig; so zählte Wolf, zum Beispiel, auf einer einzigen photographischen Platte, auf welcher er einen Teil des Sternbildes: das Haar der Berenike abgebildet hatte, nicht weniger als 1528 Nebelflecke, von denen wahrscheinlich die Mehrzahl zu den spiralförmigen gehört.

Der Spektralanalyse verdanken wir ein gutes Teil Aufklärung über die Zusammensetzung der Sterne. Auch die Sonne rechnet man zu den Sternen. Wie Herschel die Nebelflecke nach dem Grade ihrer scheinbaren Entwicklung unterschied, so hat man die Sterne in Klassen eingeteilt, die mit den heißesten anfangen (denjenigen, die leuchtende Spektrallinien geben und daher den Gasnebeln, aus denen sie sich vermutlich entwickelt haben, am nächsten stehen) und mit den dunkelroten, die im Erlöschen begriffen sind, schließen. Nach diesen leuchtenden kommen die dunklen Himmelskörper, zuerst diejenigen ohne feste Rinde — wie wahrscheinlich der Jupiter — dann die mit fester Rinde, wie die Erde (vgl. Werden der Welten, S. 167). Unter den Stoffen, die am meisten in den Sternen hervortreten, bemerkt man: Helium in den heißesten, Wasserstoffgas in den nächstheißen, weißen Sternen; Calcium, Magnesium und Eisen, sowie andere Metalle in den mittelheißen, gelben Sternen, zu welchen unsere Sonne gehört, und schließlich Kohlenstoffverbindungen, darunter Cyan, in den wenigst glühenden, roten Sternen. Die Behauptung, man hätte in den Sternen keine andern als die schon auf der Erde bekannten

Bestandteile gefunden, ist nicht ganz richtig. In verschiedenen Sternspektren fand Pickering z. B. Linien, die von keinem irdischen Stoffe bekannt sind. Man hat diese Linien, allerdings mit großer Wahrscheinlichkeit, dem Wasserstoff zugeschrieben, obgleich es nicht gelang, dasselbe zu dieser Art von Strahlung zu bringen. Auch im Sonnenspektrum hat man eine Menge bisher noch nicht identifizierter Linien gefunden. Unter den erst seit kurzem bekannten Spektrallinien ist die des Heliums weitaus am wichtigsten. Zu den vielen noch Unbekannten gehört auch die sogenannte Koroniumlinie, die für die innere Korona der Sonne charakteristisch ist. Aber im ganzen genommen herrscht ziemliche Übereinstimmung zwischen den Spektrallinien der Sterne und der irdischen Elemente. Maxwell sagte im Jahr 1873: „Im Raum entdecken wir Sterne mit Hilfe ihres Lichtes und zwar ausschließlich durch dieses, die so weit voneinander entfernt sind, daß nichts Materielles jemals vom einen zum anderen hinübergewandert sein kann, und doch sagt uns dieses Licht, daß jeder von ihnen aus denselben Atomen aufgebaut ist, wie wir sie auf Erden finden."

Es mag eigentümlich erscheinen, daß derselbe große Forscher im gleichen Jahre die Kraft voraussagte, mit deren Hilfe die Materie von Stern zu Stern transportiert wird — den Strahlungsdruck. Drei Jahre später bewies Bartoli, daß nicht bloß Wärme- und Lichtstrahlen, sondern jede Art von Strahlungsenergie Druck ausübt. Aber dessenungeachtet wurde diese neue universelle Kraft nicht eher zur Erklärung kosmischer Erscheinungen herangezogen, als bis ich im Jahr 1900 zeigte, wie man eine ganze Reihe bisher unverständlicher Erscheinungen in der Natur dadurch ganz einfach erklären kann.

Durch die Wirkung des Strahlungsdrucks werden kleine Tröpfchen, die sich in der Sonnenatmosphäre kondensierten, von der Sonne weggetrieben und wandern mit Geschwindigkeiten durch den Raum, die einige Prozente der Lichtgeschwindigkeit erreichen können. Um Sterne, deren Strah-

lung diejenige der Sonne übertrifft, (— das scheint sogar der gewöhnliche Fall zu sein, denn die meisten Sterne haben weißes Licht, im Gegensatz zum gelben der Sonne, und strahlen deshalb um so stärker —) kann die Geschwindigkeit dieser kleinen Tröpfchen noch bedeutend größer werden, doch wird sie die des Lichts nie vollkommen erreichen. Durch diese seit unendlichen Zeiten stattfindende Ausstoßung kleiner Partikel haben die Sonnen beständig Materie ausgetauscht, so daß ein zu Anfang etwa vorhanden gewesener Unterschied in ihrer Zusammensetzung längst ausgeglichen sein müßte. Hierbei gewinnen, wie allgemein in der Natur, die kälteren Körper, hier die kälteren Sterne, auf Kosten der wärmeren und die größeren auf Kosten der kleineren.

Wie ich in „Das Werden der Welten" S. 98 angedeutet habe, ist es nicht unwahrscheinlich, daß die eigentümlichen Boten aus andern Welten, die zuweilen zu uns kommen, die sogenannten Meteoriten, aus solchen in den Raum hinausgetriebenen Tröpfchen zusammengesetzt sind. Die Meteoriten unterscheiden sich durch ihre ganz merkwürdige Struktur und Zusammensetzung wesentlich von allen auf der Erde bekannten Gesteinsarten, sowohl von den sogenannten plutonischen, die sich durch Erstarren des flüssigen Erdinnern gebildet haben, als auch von den neptunischen, die unter der Einwirkung des Wassers am Meeresgrund entstanden sind. Oft enthalten sie Glaspartikelchen, die auf ein rasches Erstarren schließen lassen; in anderen Fällen große Kristalle die darauf deuten, daß sie während langer Zeit einer gleichmäßig hohen Temperatur ausgesetzt gewesen sind. Benachbarte Stücke desselben Meteoriten zeigen auffallende Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung und Struktur, was uns beweist, daß ihr Material von sehr verschiedener Herkunft ist. Sie enthalten kein Wasser, keine Hydrate (wasserhaltige Verbindungen), was ganz natürlich ist, denn ihre Partikeln haben sich in der Nähe der Sonne gebildet, wo Sauerstoff und Wasserstoff noch nicht zu Wasser verbunden sind. Dagegen enthalten sie Kohlenwasserstoffe, die in schwach leuch-

tenden Sternen und Sonnenflecken häufig vorkommen, und auf Erden unbeständige Chloride, Sulfide und Phosphide, die nur in einer wasser- und sauerstoffgasfreien Atmosphäre entstanden sein können. Dagegen fehlen in ihnen die in den plutonischen Gesteinsarten auf der Erde häufig auftretenden Mineralien: Quarz, Ortoklas, saure Plagioklase, Glimmer, Amphibol, Leucit und Nephelin, welche durch die sogenannte Differenzierung des aus dem Erdinnern kommenden Magma entstehen.

Zum Zustandekommen dieser Differenzierung bedarf es einer lange andauernden Diffusion in großen, geschmolzenen Massen, sie kann also nicht in kleinen Tröpfchen stattfinden. Alle diese Eigenschaften, auch die oft auftretende kleinkörnige, sogenannte chondritische Struktur, lassen sich leicht mit ihrer Entstehung aus kleinen Tröpfchen erklären. Daß zuweilen auch große Kristalle vorkommen, dürfte entweder auf der Anwesenheit eines Lösungsmittels (Kohlenoxyd für Eisen und Nickel), oder darauf beruhen, daß ein Teil des betreffenden Meteoriten längere Zeit starker Hitze ausgesetzt war, wie es bei Kometen der Fall ist, die der Sonne sehr nahe kommen. Schiaparellis klassische Untersuchungen auf diesem Gebiet haben bewiesen, daß Kometen, besonders wenn sie in die Sonnennähe kommen, sich in Meteorschwärme auflösen.

Diese von den Sonnen ausgestoßenen kleinen Tropfen sammeln sich hauptsächlich in den weit ausgedehnten Gasmassen der äußersten Teile der Nebelflecke, welche durch den oft elektrisch geladenen kosmischen Staub in einem Lichte aufleuchten, dem das eigentümliche, die Nebelflecke kennzeichnende Gasspektrum eigen ist. Die Tröpfchen kondensieren bei der in den Nebelflecken herrschenden starken Kälte einen Teil dieser Gase, besonders Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd, an ihrer Oberfläche und werden dadurch, wenn sie zusammenstoßen, aneinander gekittet. Auf solche Weise wachsen die Tröpfchen allmählich zu Meteoriten an, die dann ihre Wanderung durch den Raum fortsetzen.

Außer durch diese vom Strahlungsdruck ausgeworfenen

Teilchen tauschen die Sonnen einen Teil ihrer Gasmassen aus, die sich bei einem Zusammenstoß überall hin im Raume verbreiten. Auch dadurch, daß Gasmoleküle in den äußeren Nebelfleckteilen infolge aufgenommener Strahlung von fernen Sonnen eine so große Geschwindigkeit erlangen, daß sie sich von den Nebelflecken lostrennen und in den Raum hinausstürzen, kann Materie von Sonne zu Sonne gelangen. (Vgl. „Werden der Welten", S. 175.) Maxwells Äußerung, daß „nichts Materielles von einem Stern zu einem andern hinübergewandert sein kann", hält also bei näherer Untersuchung nicht stand.

Während der letzten 20 Jahre ist unser Wissen von der Natur der Wärmestrahlung in ganz außerordentlich hohem Maße bereichert worden. Hierüber sind die von Stefan und Wien aufgefundenen Gesetze die wichtigsten. Ersteres besagt, daß ein Körper, der keine Strahlung reflektiert oder durchläßt, eine Wärmemenge ausstrahlt, die proportional ist der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur (von —273°C als Nullpunkt an gerechnet); letzteres, wie die totale Strahlung aus verschiedenen, den Farben im Spektrum entsprechenden Arten von Wärmestrahlen zusammengesetzt ist. Mit Hilfe des ersten Gesetzes kann man die Temperatur auf den Planeten und Monden mit fester Rinde berechnen. Das geschah zuerst von Christiansen. Die Wärmemenge, die der betreffende Körper von der Sonne empfängt, ist bekannt. Da er eine feste Rinde besitzt, so strahlt er fast ebensoviel Wärme gegen den Himmelsraum aus als er von der Sonne empfängt, und hat deshalb eine nahezu unveränderliche Temperatur. Aus dem durch die genannten Strahlungsgesetze festgestellten Zusammenhang der Ausstrahlung mit der Temperatur, läßt sich diese letztere also berechnen. („Werden der Welten", S. 42.) Bei Planeten und Monden, die keine Atmosphäre besitzen, wie der Merkur und der Erdenmond, führt diese Berechnung zu vollkommen richtigen Werten. Das Vorhandensein einer Atmosphäre kann das Verhältnis in gewisser Beziehung ändern, worauf Fourier schon Anfang

des 19. Jahrhunderts hinwies. Das beruht darauf, daß die Atmosphäre die einfallenden Sonnenstrahlen in anderem, meist höherem Grade, durchläßt, als die von der Oberfläche dunkler Körper ausgehenden Wärmestrahlen. Wasserdampf und Kohlensäure spielen dabei eine wichtige Rolle, was ich in verschiedenen Aufsätzen näher dargelegt habe. Die meisten Geologen sind nun darin einig, daß die abwechselnden geologischen Perioden, von welchen uns Reste der damals lebenden Organismen Zeugnis geben, hauptsächlich auf Änderungen im Kohlensäuregehalt der Luft beruhten, und dieser hing wieder ab von der Stärke der damals herrschenden vulkanischen Tätigkeit. („Werden der Welten", S. 47.)

Die Kenntnis unseres Planetensystems hat auch dadurch eine bedeutende Bereicherung erfahren, daß man das absolute Gewicht der Erde bestimmte, woraus sich ihr spezifisches Gewicht leicht berechnen ließ. Solche Messungen sind zuerst von Cavendish (1798) ausgeführt worden. Er verglich die Anziehung, die eine große Bleikugel von 30 cm Durchmesser auf eine kleine Pendelkugel ausübt, mit der von der Erde auf dieselbe Kugel ausgeübten. Er fand 5,45 für das spezifische Gewicht der Erde. Seitdem sind Cavendishs Versuche von vielen Forschern mit bedeutenden Abänderungen wiederholt worden, und das schließliche Ergebnis ist 5,52 für die mittlere Dichte der Erde. Da nun die äußeren Teile der Erdrinde ein spezifisches Gewicht von etwa 2,6 (das der gewöhnlichen Gesteinsarten) haben, so müssen wir voraussetzen, daß das Erdinnere um so viel schwerer ist. Trotzdem nehmen wir an, da in Bohrlöchern die Temperatur für jeden Kilometer um etwa 30° steigt, daß das Erdinnere in einer Tiefe von ungefähr 50 km flüssig ist, und sowohl die Erfahrungen in bezug auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen, wie auch Pendelbeobachtungen, bestärken uns darin (vgl. „Werden der Welten", S. 33). In noch größerer Tiefe — etwa 300 km — dürfte der ganze Erdkern gasförmig sein. Aber bei dem dort herrschenden außerordentlich hohen Druck wird die Dichte wenig davon abhängen, ob der betreffende

Körper fest, flüssig oder gasförmig ist. Die Temperatur ist es eigentlich, die hier die entscheidende Rolle spielt. Wenn also die der Sonne nächsten Planeten eine viel höhere, mittlere Dichte haben, als die weiter entfernten und als die Sonne selbst, so hat das wahrscheinlich darin seinen Grund, daß die ersteren eine viel niedrigere mittlere Temperatur haben und die letzteren vermutlich (im Gegensatz zu den anderen) keine feste Rinde besitzen. Was wir bei diesen Himmelskörpern Oberfläche nennen, ist eben der Teil, den wir durch unser Fernrohr sehen und der aus leichten, in den äußersten Gasschichten schwebenden Wolken besteht. Die große mittlere Dichte der Erde scheint anzudeuten, daß ihr Kern schwere Metalle enthält. Besonders hat man Grund anzunehmen, daß Eisen darin — wie in den metallischen Meteoriten und in der Sonne — die wichtigste Rolle spielt.

Im Jahre 1675 machte der Däne Römer, Assistent bei dem berühmten Astronomen Cassini in Paris, eine Entdeckung, die für die Astronomie von größter Bedeutung wurde; er fand nämlich, daß es möglich ist, die Geschwindigkeit des Lichts zu messen. Er beobachtete die von Galilei entdeckten Jupitermonde. Diese Monde werden verdunkelt, wenn sie in den Schatten des Planeten treten, und solche Verfinsterungen können mit großer Genauigkeit beobachtet werden. Da nun die Umlaufszeiten der Himmelskörper unveränderlich sind, so müßte auch die Zeit zwischen zwei Verfinsterungen unverändert bleiben. Die Beobachtungen schienen das aber nicht anzudeuten. Stünde die Erde dem Jupiter so nahe als möglich und stünden beide Planeten still, so würden die Verfinsterungen in genau den gleichen Zwischenzeiten eintreten, sagen wir in 1 Tag 18 Stunden. Ginge nun die Erde sofort nach der Verfinsterung auf die entgegengesetzte Stelle ihrer Bahn, so würde die nächste Verfinsterung, die selbstverständlich auch wieder nach 1 Tag 18 Stunden erfolgt, um so viel später wahrgenommen werden, als das Licht braucht, um den Durchmesser der Erdbahn zu durcheilen. Das wäre im Mittel 997 Sekunden. Römer fand eine bedeutend höhere Zahl —

1320 Sekunden. Allerdings beschreibt die Erde in so kurzer Zeit, wie in 1 Tag 18 Stunden, nicht die Hälfte ihrer Bahn; es erfolgen wegen ihrer eigenen Bewegung 105 Verfinsterungen und infolge der Bewegung des Jupiters noch 11 dazu, bis sie so weit gelangt. Aber der Zeitunterschied bleibt derselbe. Könnte man nun die Geschwindigkeit des Lichts auf der Erde bestimmen, so ließe sich aus diesem verspäteten Eintreffen der Verfinsterungen der Durchmesser der Erdbahn berechnen. Das ist auch geschehen. Die bekanntesten Messungen wurden von Fizeau, Foucault und Michelson ausgeführt. Die Geschwindigkeit des Lichtes im leeren Raume beträgt nach denselben 300000 km in der Sekunde. Der Radius der Erdbahn wird danach mit 149,5 Millionen Kilometer bestimmt. Auch direkt durch astronomische Messungen ist er fast mit dem gleichen Ergebnis ermittelt worden.

Seit Laplaces Zeiten hat man die beiden großen Planeten Uranus (1781) und Neptun (1846) und auch die vielen kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter entdeckt, (es sind deren jetzt etwa 600 bekannt,) deren erster, Ceres, am 1. Januar 1801 von Piazzi gefunden wurde. Sie sind alle rechtläufig; ihre Bahnen sind sehr verschieden geneigt. Die größte Neigung ist 34,83°. Auch die Exzentrizitäten der Bahnen sind sehr verschieden, (die größte 0,383).

Von besonders großem Interesse sind die Doppelsterne. Sie wurden mit vielem Fleiß von W. Herschel, dann von W. Struve, und in letzter Zeit von See studiert. Es glückte in viellen Fällen, die Bewegung dieser Sterne um den gemeinsamen Schwerpunkt zu bestimmen. Daraus ergab sich wieder die Möglichkeit, die Exzentrizität ihrer Bahnen zu berechnen. In letzter Zeit hat man durch Studien der Sternspektren gefunden, daß ein großer Teil der Sterne eine vor- und rückwärtsgehende Bewegung zeigt. Auch in diesem Falle ist es oft geglückt, die Exzentrizitäten zu bestimmen. Diese weisen ein ganz anderes Bild auf, als die Bahnen unseres Planetensystems, die nahezu kreisrund sind. Die Exzentrizitäten der Sternbahnen schwanken bei den direkt beobachteten

zwischen 0,13 und 0,82, um einen mittleren Wert von etwa 0,45 (nach See).

Die spektroskopisch beobachteten Doppelsterne zeigen geringere Exzentrizitäten; bei 18, in Newcomb's Lehrbuch: „Populäre Astronomie" angeführten, schwanken sie zwischen 0 und 0,52, mit einer mittleren Zahl von 0,18.*)

Bei einigen Doppelsternen war es möglich, die Massen der beiden Körper zu bestimmen. Die Sonnenmasse als Einheit angenommen, sind sie: für Alpha Centauri 1 und 1, für Sirius 2,2 und 1, für Prokyon 3,8 und 0,8, für den Stern 70 im Ophiuchus 1,4 und 0,34, für Stern 85 im Pegasus 2,1 und 1,2. Wie man aus diesen Zahlen ersieht, sind diese Sterne fast sämtlich größer als unsere Sonne. Zu einem ähnlichen Resultate führt die Beobachtung der „spektroskopischen Doppelsterne". In verschiedenen Fällen ist der eine der beiden Sterne so lichtschwach, daß er nicht bemerkbar ist; man nennt ihn den „dunklen Begleiter". Ein sehr eigentümlicher Fall, in dem die Masse der Sterne verhältnismäßig gering ist, liegt in dem veränderlichen Stern Algol vor, der mitunter von einem „dunklen Begleiter" teilweise verdeckt wird. Der Durchmesser des Algols ist auf 2130000 km, der seines Begleiters auf 1700000 km berechnet worden, beide sind also bedeutend größer als die Sonne, deren Durchmesser 1391000 km ist. Dessenungeachtet berechnen sich ihre Massen aus der Umlaufszeit auf nicht mehr als 0,36 und 0,19 von der Masse der Sonne. Ihr spezifisches Gewicht ist nur etwa 0,1 desjenigen der Sonne. Ein anderer veränderlicher Stern, Z im Herkules, besteht nach Hartwigs Berechnungen aus zweien, in einem Abstand von 45 Millionen Kilometer umeinander kreisenden Riesensonnen von 15 und 12 Millionen Kilometer Durchmesser, deren Massen diejenige der Sonne 174- resp. 94mal übertreffen und deren spezifische Gewichte 0,138 und 0,146 sind. Eigentümlich ist, daß der kleinere, dunkle Körper ein fast ebenso

*) Nach neueren Daten von See sollen die mittleren Exzentrizitäten der zwei Klassen von Doppelsternen 0,50 bezw. 0,22 betragen.

geringes spezifisches Gewicht hat wie der größere Stern. Der Doppelstern U im Pegasus hat nach Myers Untersuchungen eine mittlere Dichte von etwa 0,3 der Sonnendichte. Nach Roberts' Schätzung hat der Doppelstern V in Puppis eine 348mal größere Masse als die Sonne, aber nur $^1/_{50}$ ihrer Dichte. Auch für den bekannten veränderlichen Stern Beta in der Leier wurde von Myers eine 30mal größere Masse, aber ein 1600mal geringeres spezifisches Gewicht berechnet als die Sonne hat. Wenn auch diese Berechnungen noch nicht ganz zuverlässig sein mögen, so beweisen sie doch deutlich, daß unsere Sonne hinsichtlich der Masse einer der kleineren Sterne ist und daß sie einen recht hohen Grad von Dichte erreicht hat, sich also in einem verhältnismäßig weit vorgeschrittenen Entwicklungsstadium befindet. Daß sie ein sehr schwach leuchtender Stern ist, erkannte man, sobald die Entfernungen der Sterne näher bekannt wurden. In der gleichen Entfernung wie Arkturus oder Beteigeuse würde die Sonne mit bloßem Auge nicht gesehen werden können. In einer Entfernung, die im Durchschnitt derjenigen der Sterne erster Größe entspricht, würde die Sonne ungefähr wie ein Stern fünfter Größe erscheinen, das heißt, zu den schwächst sichtbaren Sternen gehören.

Diese Einordnung der Sonne in eine relativ unbedeutende Stellung unter ihresgleichen kommt ohne Zweifel teilweise daher, daß man vorzugsweise die größten und glänzendsten Sterne untersucht hat. Kapteyn hat dies auszugleichen versucht, indem er berechnete, wie viele Sterne von verschiedener Helligkeit, — die Helligkeit der Sonne gleich 1 gesetzt —, in einer mit 560 Lichtjahren Radius um die Sonne gelegten Kugel vorkommen. Er gelangte zu folgendem Resultat:

1	Stern hat	eine	Helligkeit		über		10000
26	Sterne haben	„	„	zwischen	10000	und	1000
1300	„ „	„	„	„	1000	„	100
22000	„ „	„	„	„	100	„	10
140000	„ „	„	„	„	10	„	1
430000	„ „	„	„	„	1	„	0,1
650000	„ „	„	„	„	0,1	„	0,01

Diese Tabelle zeigt eine starke Zunahme der Sterne mit abnehmender Leuchtkraft. Man wird dadurch veranlaßt, anzunehmen, daß die dunklen Himmelskörper die leuchtenden außerordentlich an Zahl übertreffen. Sie brauchen deshalb nicht notwendigerweise von geringerer Masse zu sein, obgleich wir uns wohl vorstellen müssen, daß die hellsten Sterne auch ein großes Volumen und damit eine große Masse besitzen, trotzdem ihre Dichte infolge der hohen Temperatur sehr gering ist.

Der Umstand, daß die Bahnen der Doppelsterne, im Gegensatz zu der der Planeten, außerordentlich exzentrisch sind, wird als Beweis dafür angesehen, daß die großartige Regelmäßigkeit unseres Planetensystems einen Ausnahmefall darstelle. Es ist das jedoch durchaus kein zwingender Beweis. Die nebelfleckartige Scheibe, die sich bei einem Zusammenstoß zwischen zwei Sternen um den Zentralkörper ausbreitet, macht im allgemeinen nur einen geringen Teil der ganzen Masse aus. Ein großer Teil der Materie außerhalb des Zentralkörpers wird auch infolge der Geschwindigkeit der ausgeworfenen Partikeln, und außerdem durch den Verlust der schnellsten Moleküle in den Raum hinaus verstreut, während sich die rotierende Scheibe durch Aufnahme der Strahlung aus dem Weltenraum beständig erweitert. Gerät nun ein fremder Körper aus dem Weltenraum in die rotierende Scheibe, so können zwei Fälle eintreten. Ist die Masse dieses Körpers, z. B. eines Kometen, klein im Vergleich zu derjenigen der Scheibe, so kann sie ihm ihre Kreisbewegung aufzwingen. Es entsteht ein Planet, der sich in nahezu kreisförmiger Bahn und in der Ebene der Scheibe bewegt. Hat aber der eingedrungene Körper eine im Vergleich zur Scheibe große Masse, so vermag diese doch seine Geschwindigkeit so weit zu vermindern, daß er nicht mehr imstande ist, sich vom Zentralkörper des Nebelflecks wieder zu entfernen. Die Materie der Scheibe kann jedoch seine Bahn nur wenig verändern, und diese wird infolgedessen stark exzentrisch werden und jede Art von Neigung gegen die Ebene der Scheibe an-

nehmen können. Dieser letztere Fall entspricht vollkommen dem Verhalten der Kometen im Sonnensystem nach Laplaces Ansicht. Da nun im ersteren Falle die Masse des neugebildeten Planeten verhältnismäßig klein ist, so büßt er durch Abkühlung rasch seine schon von Anfang an geringe Leuchtkraft ein und ist daher nicht direkt wahrnehmbar. Wegen seiner Kleinheit ist auch sein Einfluß auf die Bewegung des leuchtenden Zentralkörpers nur sehr gering und die von ihm verursachte vor- und rückwärtsgehende Bewegung desselben viel zu unbedeutend, als daß man daraus auf die Anwesenheit des dunklen Begleiters schließen könnte. Derartige Fälle werden sich wohl öfter ereignen als solche, in denen ein großer Himmelskörper eingefangen wird; schon weil die kleinen Himmelskörper, z. B. die Kometen, verhältnismäßig häufig sind, „sie sind so zahlreich wie die Fische im Meer", sagt Kepler. Die meisten großen Himmelskörper werden sich auch wohl durch die Nebelflecke hindurch zu arbeiten vermögen, ohne durch allzu große Einbuße an Geschwindigkeit an ihrer Weiterwanderung durch den Raum verhindert zu werden. Solche normale Fälle entziehen sich indessen der Beobachtung. Wenn ein großer Himmelskörper als Komponente in den sich bildenden Doppelstern eintritt, erhalten die vermutlich schon vorhandenen Planeten leicht sehr verwickelte Bahnen.

Das Wiensche Gesetz von dem Zusammenhang der Spektralfarben mit der Temperatur ist ebenfalls zur Bestimmung der Temperatur der Sterne angewendet worden. Hierbei muß jedoch strenge Kritik geübt werden, denn das von uns wahrgenommene Sternlicht ist nicht die gesamte Strahlung des Sterns, sondern durch Absorption in dessen äußerer Atmosphäre geschwächt. (Vgl. „Werden der Welten", S. 64.)

Man kann die Temperatur eines Sterns auch aus der Stärke seiner Spektrallinien beurteilen. Manche Linien in den Absorptionsspektren der Gase werden bei steigender Temperatur verstärkt, andere entsprechend abgeschwächt. Hale und seine Mitarbeiter auf Mount Wilson in Kalifornien

haben die Spektren von Metallen untersucht, die in einem Lichtbogen von 110 Volt und einmal von 2, ein andermal von 30 Ampère Stärke vergast wurden. Der zweite Lichtbogen war natürlich wärmer, (noch heißer ist ein elektrischer Funke zwischen Spitzen der betreffenden Metalle) und so konnten sie die Veränderung der Spektrallinien durch die Temperaturerhöhung feststellen. Beim Vergleich zweier Spektren konnten sie dann sagen, welches von ihnen einer höheren Temperatur angehört, und so beurteilen, ob beispielsweise das Licht eines Sterns oder Sonnenflecks einer höheren oder niedrigeren Temperatur als derjenigen der Sonnenscheibe entspricht. Hale fand, daß die das Licht der Sonnenflecken absorbierenden Gase eine niedrigere Temperatur haben als die, welche das Licht der Sonnenscheibe absorbieren. Das beruht ohne Zweifel auf der größeren Dichte der Gasmassen über den Sonnenflecken, beweist aber nicht, daß der strahlende Boden des Fleckes eine niedrigere Temperatur besitzt, als die Photosphärenwolken, die das Licht von der übrigen Sonnenscheibe ausstrahlen. Durch vergleichende Studien ist in Hales Laboratorium nachgewiesen worden, daß das Spektrum von Arkturus und noch mehr das von Beteigeuze, in derselben Art vom Sonnenspektrum abweicht, wie dasjenige der Sonnenflecken. Daraus können wir schließen, daß die absorbierenden Gase in diesen kolossalen Sternen, besonders in Beteigeuze, eine niedrigere Temperatur haben als diejenigen über der Sonnenphotosphäre. Aber die strahlenden Schichten brauchen deshalb in diesen Sternen nicht kälter als diejenigen in der Sonne zu sein. Im Gegenteil erscheint es wahrscheinlich, daß die niedere Temperatur der äußeren Gashülle auf der großen Dichte der absorbierenden Gasmasse beruht.

Großen Einfluß auf die Entwicklung des Planetensystems hat zweifellos die Ebbe- und Flutwirkung ausgeübt, wie der Engländer G. H. Darwin in einer klassischen Arbeit dargelegt hat. Er weist nach, daß der Mond anfangs wahrscheinlich in sehr geringem Abstand die Erde umkreiste, und dieses

ganze System eine Umdrehungszeit von nicht ganz 4 Stunden hatte. Durch die Ebbe- und Flutwirkung, die unter diesen Verhältnissen außerordentlich stark war, wurde die Rotationszeit der Erde allmählich vergrößert und die dabei verschwundene Umdrehungsenergie teilweise dazu verwendet, den Mond langsam auf seinen jetzigen Abstand zu bringen. In gleicher Weise haben Ebbe und Flut von der Sonne aus eine kräftige Wirkung auf die Planeten in ihrem ersten Entwicklungsstadium, in dem sie noch von großem Durchmesser waren, ausgeübt, denn die Stärke der Wirkung ist der dritten Potenz des Durchmessers proportional.

Dadurch verminderte sich die Umdrehungsgeschwindigkeit sowohl der Sonne als der Planeten und deren Abstand von der Sonne konnte sich verändern. Darwin erklärt die eigentümliche Erscheinung, daß die Umlaufszeit des einen der Marsmonde, Phobos, kürzer ist, als die eigene Rotationszeit des Mars, damit, daß diese letztere früher — gemäß der Laplaceschen Hypothese — kürzer war als die Umlaufszeit des Phobos, aber durch die Ebbe und Flut der Sonne so verlängert wurde, daß sie nun mit 24 Stunden 37 Minuten bedeutend länger ist, als die 7 Stunden 39 Minuten dauernde Umlaufszeit des Phobos. Ähnlich verhält es sich mit dem Saturnring. Die innersten Staubmassen desselben haben eine Umdrehungszeit von 5—6 Stunden, während diejenige des Planeten etwa 10¼ Stunden beträgt. Nach allgemeiner Annahme ist diese Erscheinung wegen des allzu großen Abstandes von der Sonne nicht auf dieselbe Art wie beim Mars zu erklären. Aber wäre es nicht möglich, daß die Massen im innersten Saturnring sich dem Planeten genähert und dabei ihre Umlaufsgeschwindigkeit vergrößert hätten? Etwas derartiges könnte durch Reibung zwischen der Ringmaterie und einem kleinen Rest der Atmosphäre des Planeten eingetreten sein, wie Laplace selbst andeutet. C. Wolf schließt sich dieser Meinung an.

Wie wir oben gesehen haben, stellt sich der Laplaceschen Hypothese die Schwierigkeit entgegen, daß nach ihr, ebenso

wie nach Kant, die Rotationsrichtung der Planeten derjenigen der Sonne entgegengesetzt, also rückläufig sein müßte. Pickering nimmt an, daß alle Planeten anfangs wirklich rückläufige Rotation hatten,*) dieselbe aber durch die Ebbe- und Flutwirkung der Sonne verloren, so daß sie schließlich beständig dieselbe Seite der Sonne zuwandten, d. h. rechtläufige Rotation erhielten, deren Dauer derjenigen ihrer Umlaufszeit gleich war. Infolge ihrer darauffolgenden Zusammenziehung beschleunigte sich ihre Rotation wieder. Die zwei äußersten Planeten, Neptun und Uranus, sind so weit entfernt, daß es der Sonne nicht gelang, sie durch die unter solchen Verhältnissen sehr schwache Ebbe- und Flutwirkung zu beeinflussen, ehe sie sich zusammenzogen und dadurch der Ebbe- und Flutwirkung fast vollständig entrückt worden sind. Ihre Masse beträgt ja auch nur etwa ein Sechstel des nächsten Planeten, Saturn, so daß sie sich viel rascher abgekühlt haben müssen als dieser. Diese Planeten haben sich also der allgemeinen Gesetzmäßigkeit entzogen. Was den Saturn anbetrifft, so sind seine Monde rechtläufig bis zum neunten, Japetus, der 3,5 Millionen Kilometer von ihm entfernt ist. Der Zehnte dagegen, die von Pickering entdeckte Phoebe, der 3,5 mal weiter entfernt ist, ist rückläufig. Pickering nimmt an, daß er entstanden ist, als der Saturn selbst noch rückläufig war. Wegen seiner großen Exzentrizität (0,22) ist es vielleicht wahrscheinlicher, daß er den Kometen des Planetensystems entspricht und in den Anziehungsbereich des Saturn erst kam, als die Nebelmaterie in dieser Region schon stark verdünnt war. Alle innerhalb liegenden Planetenmonde verhalten sich regelmäßig.

Die in diesem Abschnitt behandelten Entdeckungen betreffen größtenteils Himmelskörper, die außerhalb unseres Sonnensystems liegen. Erst nach Einführung starker Ferngläser und besonders mit Hilfe des Spektroskops (nach 1859)

*) Nach den von uns vertretenen Ansichten war die ursprüngliche Umdrehungsrichtung eine beliebige, von der Bewegung des ursprünglichen Kondensationskerns, der von außen kam, abhängige.

ist es uns möglich geworden, tiefere Einsicht in die Eigentümlichkeiten dieser weit entfernten Gebilde zu gewinnen. Und doch hatte schon Demokrit 400 Jahre vor unserer Zeitrechnung angenommen, daß die Sterne der Milchstraße unserer Sonne glichen, und zu Anfang der neuen Zeit Giordano Bruno von Planeten geträumt, die um Fixsternsonnen wandern. Sie folgten der Überzeugung, die den Naturwissenschaftler in all seinen Forschungen leitet, daß das uns verhältnismäßig Unbekannte in der Hauptsache dem uns Näherliegenden und sorgfältiger Untersuchten gleicht. Die Erfahrung hat gezeigt, daß Demokrit und Bruno recht hatten und auch, daß jenes naturwissenschaftliche Prinzip im allgemeinen zu richtigen Schlüssen führt. Die Sterne gleichen unserer Sonne; nur sind einige größer, andere kleiner, einige heißer, andere kälter als unser Tagesgestirn.

Wie Herschel gefunden hat, sind verschiedene der von ihm untersuchten Nebelflecke in vieler Beziehung, wie z. B. in bezug auf Licht und Ausdehnung, doch anders als die Sonnen. Die Spektralanalyse hat dies bestätigt. Diese Nebel bestehen aus weitausgebreiteten, dünnen Gasmassen, dergleichen es in unserm Sonnensystem nicht gibt. Aber durch Untersuchung und Vergleichung derselben mit andern, ihnen ähnlichen Bildungen, fand er eine Reihe von Übergangsformen zwischen Nebelflecken und Sonnen, woraus er schloß, daß diese verschiedenen Formen Entwicklungsstadien sind in der Umgestaltung der Weltkörper.

Auf diesem Boden baute Laplace teilweise seine berühmte Hypothese von der Entstehung des Sonnensystems. Unser außerordentlich reiches Beobachtungsmaterial hat Herschels Ansichten in allen wesentlichen Punkten bestätigt und zugleich unsere Vorstellungen vom Wesen der Himmelskörper erheblich geklärt.

Zweifellos besitzen wir auch jetzt nur die ersten Grundrisse einer Kenntnis der Sternenwelt und müssen deshalb mit Demokrit, Bruno, Herschel und Laplace annehmen, daß die noch unerforschten Räume in der Hauptsache denen gleichen,

deren Untersuchung mit Hilfe vervollkommneter Instrumente zum Teil schon geglückt ist. Es erscheint in hohem Grade wahrscheinlich, daß die tiefere Einsicht der Zukunft uns in allen wesentlichen Punkten beistimmen und zugleich Möglichkeiten zu neuen kühnen Gedankenbauten eröffnen wird, von denen wir uns heute noch nichts träumen lassen. So werden sich unsere Kenntnisse stetig vervollkommnen, unsere Meinungen sich notwendig logisch weiter ausbilden aus dem, was die Forscher vorhergehender Geschlechter gefunden haben. Für den oberflächlichen Betrachter sieht es oft aus, als ob ein Gedankensystem das andere stürze, und man hört daher aus den der Naturforschung fernstehenden Kreisen oft die Behauptung, daß alle unsere Bemühungen, Klarheit zu finden, vergeblich seien. Wer jedoch den Gang der Entwicklung genauer verfolgt, wird zu seiner großen Befriedigung finden, daß unser Wissen wie ein kräftiger Baum aus einem unansehnlichen Samen heranwächst, und wie wir stets Wachstum und Entwicklung desselben Baumes wiedererkennen, wenn auch jeder Teil, besonders das äußere Laubkleid, sich beständig erneuert, so können wir auch in unserer Naturanschauung leicht die leitenden Gedanken wiederfinden, welche diese Anschauung während des Jahrhunderte und Jahrtausende alten Wechsels der äußeren Verhältnisse kennzeichneten.

VIII.

Die Einführung des Energiebegriffs in die Kosmogonie.

Als Laplace seine klassische Arbeit über die Stabilität des Sonnensystems mit großer Befriedigung abschloß, konnte er der Hoffnung leben, daß die Sonne während unendlicher Zeiträume den um sie kreisenden Planeten ununterbrochen ihr belebendes Licht spenden würde. Die Verhältnisse innerhalb des Sonnensystems würden nahezu immer die gleichen bleiben wie jetzt. Irgend eine Erklärung für die starke und unveränderliche Sonnenstrahlung zu geben, sah sich dieser große Astronom ebensowenig veranlaßt, wie sein vielleicht noch größerer Zeitgenosse Herschel.

Daß jedoch die Frage nach der Ursache der Sonnenwärme und der Glut der Sterne wohl der Prüfung wert zu sein schien, geht aus dem Gedanken des Anaxagoras hervor, daß die Sterne durch Reibung am Äther glühend werden; ferner aus den Aussprüchen von Leibniz und Kant, daß die Sonnenwärme durch Verbrennung aufrecht erhalten wird, wie auch aus Buffons bemerkenswerten Berechnungen über die Zeit, welche die Planeten vom Glutzustand bis zur Abkühlung gebraucht haben. Nahm doch auch Laplace an, daß die Materie, aus welcher die Planeten entstanden, erst glühend heiß war und sich dann abgekühlt habe.

Eine sichere Grundlage für derartige Betrachtungen erstand jedoch erst in der mechanischen Wärmetheorie, als diese ihren Siegeslauf Mitte des vorigen Jahrhunderts durch

die verschiedenen Gebiete der Naturwissenschaft antrat. Sie lehrt, daß die Energie ebenso unzerstörbar ist wie die Materie, deren Menge von allen, die über das Rätsel der Weltenentwicklung nachdachten, stillschweigend für unveränderlich gehalten worden war, obgleich dies erst Ende des 18. Jahrhunderts durch Lavoisier vollgültig bewiesen worden ist.

Wenn also die Sonne ihre lebenspendenden Strahlenbündel in die Unendlichkeit des Raumes hinaussendet, so muß sie ihren Verlust an Energie irgendwie decken können, oder rasch erkalten. Gegen diese letztere Annahme stritt jedoch die Lehre der Geologen, daß die Sonnenwärme während etwa einer Milliarde von Jahren in ungefähr gleich reichem Maß wie jetzt der Erde zugute gekommen sein müsse. Nach Mayers erstem Versuch, in dem Niederstürzen der Meteore eine Energiequelle aufzufinden, kam die Helmholtzsche Verbesserung der Mayerschen Idee. Die Ansicht von Helmholtz, nach welcher jeder Teil der Sonne allmählich gegen ihren Mittelpunkt zu fällt und dadurch Wärme erzeugt, wurde allgemein als beste und befriedigendste Lösung dieses Problems angesehen, bis in heutiger Zeit die Aufschlüsse der Geologie das Unzureichende dieser Energiequelle in ein helleres Licht gestellt haben (vgl. Kap. III vom „Werden der Welten").

Dieses physikalische Problem zog die Aufmerksamkeit immer mehr auf sich. In dem Maße wie das Verhalten der Körper, und besonders der Gase, bei Veränderungen des Drucks und der Temperatur immer genauer erkannt wurde, untersuchte man immer eingehender die Abhängigkeit der Temperatur der Himmelskörper von Änderungen des Volumens sowie von Zufuhr oder Verlust von Energie durch aufgenommene oder abgegebene Wärmestrahlung. Die bemerkenswerteste Arbeit auf diesem Gebiete, die weiter unten erörtert werden wird, hat uns Ritter geliefert.

Einen wesentlichen Beitrag zu diesen Spekulationen über die durch die Temperatur und die Schwerkraft bewirkten rein physikalischen Veränderungen bei den Himmelskörpern

sind wir eben im Begriff zu erhalten durch Verwertung unsrer Kenntnisse von dem Einfluß der Temperatur auf die zwischen den Bestandteilen eines Himmelskörpers möglichen chemischen Vorgänge. Es ist sehr wahrscheinlich, daß man durch Untersuchung der hierbei herrschenden Verhältnisse einen sicheren Ausweg aus den Schwierigkeiten finden wird, in denen uns Helmholtz gelassen hat, indem er nur den verhältnismäßig geringen Energiebetrag in Betracht zog, der beim rein physikalischen Vorgang frei wird und die weit mächtigeren Energiequellen chemischer Vorgänge ganz außer acht ließ. (Hierüber mehr im nächsten Abschnitt.)

Wie weit man gelangen kann, wenn man die Gesetze der Schwerkraft und der Unzerstörbarkeit der Energie bei physikalischen Prozessen anwendet, kann man aus der außerordentlich umfassenden Untersuchung von A. Ritter ersehen, welche sich auf diese zwei Prinzipien gründet, und bei denen auch die Gültigkeit der gewöhnlichen Gasgesetze vorausgesetzt wird, während Wärmeleitung und Strahlung nur als nebensächlich betrachtet werden. Ähnliche, wenn auch nicht so weitumfassende Untersuchungen wurden acht Jahre früher (1870) von Lane angestellt. Später sind von Lord Kelvin, von See und besonders von Dr. Emden (1907) wertvolle Beiträge zur Lösung desselben Problems geliefert worden, von letzterem in einer großartigen mathematischen Behandlung, die wahrscheinlich für künftige Arbeiten auf diesem Gebiete von Nutzen sein wird. In physikalischer Beziehung geht er aber nicht viel über Ritter hinaus. Über den Einfluß der Strahlung hat Schwarzschild neuerdings eine Untersuchung geliefert. Wir wollen uns hier auf die hauptsächlichsten Resultate der Ritterschen Untersuchungen beschränken.

Nach Ritter hat eine Gasmasse, die den von ihm als gültig angenommenen Gesetzen folgt, im allgemeinen eine äußere Grenze, an der die Temperatur auf den absoluten Nullpunkt sinkt. Von da an steigt die Temperatur nach innen und ist an jedem Punkte genau gleich derjenigen einer Gasmasse, die von jener Grenze bis zu diesem Punkte fiele.

Um das besser zu verstehen, wollen wir die Erdatmosphäre als Beispiel betrachten. Angenommen, die Temperatur an der Erdoberfläche wäre 16^0 (289^0 über dem absoluten Nullpunkt), wie die Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche tatsächlich ist, so müßte nach Ritters Annahme die Höhe der Atmosphäre 28,9 km betragen. Denn wenn ein Kilogramm Wasser einen Kilometer fällt, so wird seine Temperatur um $\frac{1000}{426} = 2{,}35^0$ erhöht. Da nun die spezifische Wärme der Luft 0,235 beträgt, so genügt die Wärmemenge, die ein Kilogramm Wasser um $0{,}235^0$ zu erwärmen vermag, um die Temperatur von einem Kilogramm Luft um 1^0 zu erhöhen. Daraus ergibt sich, daß ein Kg. Luft, das einen Kilometer fällt, seine Temperatur um 10^0 erhöht. (Wir rechnen dabei mit der spezifischen Wärme der Luft bei konstantem Druck, wie es Ritter verlangt). Damit nun die Temperatur der Luft um 289^0 über den absoluten Nullpunkt steigt, muß sie 28,9 km fallen, und das wäre daher die Höhe der Atmosphäre über der Erdoberfläche.

Bestünde die Atmosphäre aus Wasserstoffgas, dessen spezifische Wärme 3,42 ist, so würde ihre Höhe 421 km betragen. Ebenso würde die Atmosphäre eine bedeutende Höhe erreichen, wenn sie aus gesättigtem Wasserdampf mit darin suspendierten Wassertröpfchen bestünde; denn um die Temperatur einer derartigen Mischung um einen Grad zu erhöhen, müßte man nicht nur den Dampf erwärmen, sondern auch Wärme zur Verdunstung des Wassers zuführen. Es wäre also genau so, als ob die spezifische Wärme dieser Mischung relativ groß wäre. Wie Ritter auch berechnet, würde die Höhe einer Atmosphäre aus Wasserdampf etwa 350 km betragen, wenn die Temperatur an der Erdoberfläche 0^0 wäre. Nun enthält die Luft wirklich etwas Wasserdampf und Wolken außer ihren weniger kondensierbaren Bestandteilen, deshalb muß auch die Höhe der Atmosphäre um etwa 2 km größer angenommen werden, als 28,9, wie oben berechnet.

Aber das entspricht, wie Ritter bemerkt, durchaus nicht der Wirklichkeit. Beobachtungen an Sternschnuppen zeigen, daß dieselben oft in einer Höhe von mehr als 200 km über der Erdoberfläche aufleuchten — und dieses Erglühen ist die Folge von Reibung an der Luft. Die Bogen des Nordlichts, die auf elektrischen Entladungen in der Luft beruhen, haben ihren höchsten Punkt in etwa 400 km Höhe. Durch Beobachtungen im Ballon hat man in den letzten Jahren auch gefunden, daß in einer Höhe von etwas über 10 km die Temperatur der Luft nahezu gleichförmig ist, statt nach oben mit je 10^0 pro km abzunehmen.*)

Ritter sieht den Grund dieser Abweichung von seinen Berechnungen darin, daß die Luftgase sich in sehr großer Höhe zu Wolken verdichten, wie der Wasserdampf in den tieferen Luftschichten, was eine bedeutende Erhöhung der Atmosphäre zur Folge hätte.**) Doch nach dem, was wir jetzt wissen, kann diese Verdichtung nicht über — 200^0 erfolgen, also in beträchtlich größerer Höhe, als der für Luftballone erreichten, wo die Abnahme der Lufttemperatur nach oben unmerklich war. Die Meteorologen sind noch nicht ganz einig, wie diese Erscheinungen zu erklären sind; ich für mein Teil glaube, daß die Wärmestrahlung und ihre Absorption durch die Kohlensäure und den Wasserdampf der Luft, möglicherweise auch durch Ozon, eine große Rolle dabei spielen.

Ritter berechnet nun weiter, wie hoch die Temperatur im Mittelpunkt der Erde sein würde, wenn man sich einen breiten Luftschacht, direkt durch die Erde gebohrt, dächte. Dabei zieht er natürlich in Betracht, daß sich die Schwerkraft mit der Tiefe in diesem Schacht ändert, so daß sie im Erdmittelpunkt gleich Null ist, und findet so, daß die Temperatur im Mittelpunkt des Schachts ungefähr 32000^0

*) Dies tritt am Äquator in einer Höhe von mehr als 20 km, in Mitteleuropa bei 11—12 km und am 70. Breitegrad in nur 8 km Höhe ein.

**) Goldhammer hat berechnet, daß die Höhe für Stickstoff 62 km, für Sauerstoff etwas über 70 km betragen würde.

betragen müßte. Die Temperatur der Erde in ihrem Mittelpunkt müßte nach seinen ferneren Berechnungen etwa 100000° erreichen. Danach kann man verstehen, daß in einem gasförmigen Himmelskörper die Temperatur nach innen zunimmt. Nun ist sicherlich die Erde in einer Tiefe von über 400 km gasförmig, so daß Ritters Berechnung für diesen Fall eine gewisse Berechtigung haben dürfte. Die spezifische Wärme der in der Erde befindlichen Gase ist aber ohne Zweifel erheblich größer als diejenige der Gase, mit welchen Ritter rechnet, so daß die Temperatur im Erdmittelpunkt eher geringer als die von ihm angegebene sein und, wenn man auch von chemischen Prozessen absieht, nicht einmal die Hälfte davon erreichen dürfte. Der Druck wird in dieser Tiefe auf ungefähr 3 Millionen Atmosphären geschätzt.

Wir können jetzt mit unsern Betrachtungen zur Sonne übergehen. Da die Schwerkraft in den äußeren Schichten der Sonne 27,4 mal größer als auf der Erde ist, so würde die Temperatur, wenn die Sonnenatmosphäre aus Luft bestünde, für jeden Kilometer um 274° zunehmen. Nun besteht aber die äußere Atmosphäre der Sonne hauptsächlich aus in Atome zerlegtem Wasserstoffgas, während auf der Erde diese Atome zu je zwei zu einer Molekel vereinigt sind. Die spezifische Wärme des einatomigen Wasserstoffgases kann bei der dort herrschenden hohen Temperatur auf etwa 10, d. h. 42,5 mal höher geschätzt werden, als die der Luft bei 0°. Die Temperatur in den höchsten Gasschichten der Sonne würde daher für jeden Kilometer um etwa 6,5° sinken. Da nun die Temperatur der leuchtenden Sonnenwolken auf ungefähr 7500° geschätzt wird, so müßte die Höhe der Sonnenatmosphäre über ihnen etwa 1200 km erreichen. Trotzdem übt dieselbe nach den Bestimmungen Jewells aus der Lage der Absorptionslinien bei den Gasen außerhalb der Sonnenphotosphäre keinen größeren Druck als nur etwa 5—6 Atmosphären aus. Auf der Erde würde der Druck 27,4 mal geringer sein, d. h. etwa 0,20 Atmosphären. Die Gasmasse über den leuchtenden Sonnenwolken ist also

nicht größer, als diejenige unserer Luft über 12 km Höhe, wo die höchsten Federwolken schweben.

Bei Sonnenfinsternissen hat man die Dicke der sogenannten Chromosphäre auf der Sonne bestimmt, das heißt die Höhe der über den Sonnenwolken liegenden, mit der dem Wasserstoffgas eigentümlichen, rosenroten Farbe auftretenden Gasschicht, und sie zu etwa 8000 km gefunden, was ja mehr als das Sechsfache des oben berechneten Wertes beträgt. Es ergibt sich also dasselbe Verhältnis wie bei der Erde, nämlich daß die Atmosphäre um viele Male höher ist, als es nach Ritters Berechnungen der Fall sein sollte.

Es wäre auch unrichtig, anzunehmen, daß die Temperatur in den äußersten Sonnenschichten auf 0° oder noch niedriger sinkt. Die Strahlung ist dort viel zu stark, als daß eine derartige Abkühlung in Frage kommen könnte. Ohne Zweifel befinden sich in diesen Teilen der Sonnenatmosphäre Mengen kondensierter Körperchen; das kann man aus der Abschwächung des Sonnenlichts vom Sonnenrande schließen, wenn es die höheren Gasschichten der Sonne passiert. Diese Tropfen werden von der Sonnenstrahlung erwärmt und teilen ihre hohe Temperatur den sie umgebenden Gasen mit. Ähnlich verhält es sich ja auch in der Erdatmosphäre, auch hier saugen die vielen Staubpartikeln die Sonnenstrahlung auf und nehmen dabei eine Temperatur von etwa 50—60° an, die sie dann den Gasen mitteilen. Es findet also in beiden Fällen eine langsamere Abnahme der Temperatur mit der Höhe statt, als Ritter berechnet, und daher wird auch die Atmosphäre viele Male höher sein, als die Ziffern Ritters angeben.

Wir kehren nun zu Ritters Arbeit zurück. Er hat berechnet, wie Temperatur, Druck und Dichte sich mit der Tiefe in einem gasförmigen, kugelrunden Nebelfleck ändern müssen. Ich habe diese von Schuster etwas umgearbeiteten Berechnungen in „Werden der Welten“, S. 179 wiedergegeben. Nach ihnen würde mitten in der Sonne, wenn sie aus Wasserstoffgas im Atomzustande bestünde, eine Temperatur von

etwa 25 Millionen Grad herrschen, bei einem Druck von 8,5 Milliarden Atmosphären und bei einem spezifischen Gewicht von 8,5 (Wasser = 1). Die daselbst gegebene Tabelle sagt uns eigentlich nur, daß, wenn die Sonne sich zu einem Nebelfleck mit dem zehnfachen ihres jetzigen Radius erweiterte, die Temperatur in dessen Mittelpunkt 2,5 Millionen Grade betragen müßte. Aber durch die Zusammenziehung bis zur Größe der Sonne würde die Schwerkraft offenbar im Verhältnis von 1 zu 100 und damit auch die Temperaturzunahme pro Kilometer entsprechend wachsen. Da jedoch der Radius auf ein Zehntel seines ursprünglichen Wertes gesunken ist, so würde die Temperatur im Mittelpunkt der Masse 100 Zehntel ihres alten Wertes, d. h. zehnmal mehr als die des Nebelflecks betragen. Dasselbe gilt für jeden andern Punkt der Sonne, und ihre Temperatur steigt daher bei der Zusammenziehung so, daß sie umgekehrt proportional dem Sonnenradius ist. Nun gehorchen sicherlich die Sonnengase infolge ihrer starken Zusammenpressung nicht mehr den einfachen Gasgesetzen, und aus diesem Grunde ist die Temperatur im Sonneninnern nicht so hoch, wie Ritter annimmt. Nach ihm müßte sie unter der Voraussetzung, daß die Sonne aus Eisengas bestünde, 1,375 Millionen Grade betragen. Durch die beim Zusammenziehen der Sonne entstehende Temperatursteigerung werden stark wärmeabsorbierende chemische Prozesse eingeleitet und dadurch wiederum eine bedeutende Herabsetzung der Temperatur zustande gebracht. Schätzungsweise können wir die Sonnentemperatur im Durchschnitt zu 10 Millionen Grad annehmen.*)

Wenn sich nun eine Gasmasse, wie der besprochene Nebelfleck, zusammenzieht, wird, wie gesagt, ihre Temperatur erhöht und bei dieser Erhöhung ein großer Teil der Wärme verbraucht, die nach Helmholtz' Auffassung bei der Zusammenziehung frei wird. Würden keine chemischen Prozesse vor sich gehen, so müßten doch 81% des ebengenannten

*) Ekholm findet sogar einen niedrigeren Wert: 5,4 Millionen Grad.

Wertes auf die Erhitzung gerechnet werden, und nur 19% für die Ausstrahlung übrig bleiben. Ritter rechnet hier mit zweiatomigem Wasserstoff, H_2; für einatomigen, H, kämen 50% zur Ausstrahlung. Daraus folgt, daß die Sonne ihre jetzige Strahlungsenergie nicht länger als ungefähr 5 (bzw. 12) Millionen Jahre behalten könnte. Außerdem müßte sich die Sonnenstrahlung in der abgelaufenen Zeit schon stark vermindert haben. Ritter wußte wohl, daß die Geologen bedeutend längere Zeiträume für die Existenz des Lebens auf der Erde fordern, aber er war wie die meisten Physiker so überzeugt davon, daß die von Helmholtz vorausgesetzte Wärmequelle für die Sonne die weitaus reichlichste sei, daß er die Schlüsse der Geologen für weniger berechtigt hielt. Die Forschungen späterer Zeiten haben indessen dazu beigetragen, die Schätzung der Geologen über das Alter der Erde noch zu erweitern. Sowohl van't Hoffs Untersuchungen über die Temperatur, die bei der Bildung der Salzlager in verschiedenen geologischen Perioden geherrscht haben muß, wie die geographische Verteilung der Korallenbänke zu jenen Zeiten beweisen, daß sich die Temperatur der Erdoberfläche und also wohl auch die Sonnenstrahlung seitdem nicht nennenswert verändert haben. Deshalb ist es notwendig geworden, nach einer Wärmequelle zu suchen, die größere und auch minderveränderliche Wärmemengen liefert, als die beim Zusammenziehen der Sonne entstehenden. Diese Wärmequelle haben wir zweifellos in den chemischen Prozessen zu suchen, die sich beim langsamen Abkühlen der Sonne abspielen. Da diese Prozesse sich bei der Zusammenziehung des Sonnennebels in umgekehrter Richtung geltend machten, so folgt daraus, daß letztere noch rascher vor sich ging, als Ritter voraussetzte. Der Zeitraum, in welchem sich die Sonne unmittelbar nach dem Zusammenstoß mit einer anderen Sonne aus einem weitausgedehnten Nebelfleck zusammenzog, dürfte, wenn die Strahlung immer so stark war wie jetzt, kaum eine Million Jahre erreicht haben. Die Sonne muß aber, als sie noch im Nebelfleckstadium war, eine enorme Energiemenge

durch Aufnahme strahlender Wärme von außen aufgespeichert haben. Diese Energie hat sie später, als ihre Mitteltemperatur zu sinken anfing, zur Deckung der Wärmeverluste allmählich verwendet, so daß die Temperatur und damit auch die Ausdehnung und Strahlung sich nahezu unverändert durch sehr lange Zeiträume erhielten. Daraus folgt auch, daß das Nebelfleckstadium viel länger anhält als man nach Ritters Berechnungen annehmen möchte.

Ritter entwickelte seine Rechnungen weiter für den Fall, daß die Höhe der Atmosphäre über einem, unserer Erde gleichenden Himmelskörper (d. h. einem solchen mit fester Oberfläche) so groß ist, daß man nicht mit einer überall gleich großen Schwerkraft in derselben rechnen könne. Er fand, daß bei einer, einen gewissen Wert übersteigenden Temperatur der festen Oberfläche des Himmelskörpers die Atmophäre keine Grenzen hat, sondern daß die Gase von ihm hinweggehen. Er führte diese Rechnung für Wasserstoffgas aus und fand, daß der Mond eine Wasserstoffgasatmosphäre nur dann festhalten könnte, wenn seine Temperatur beständig unter —85⁰ läge. Da nun die Temperatur auf dem Monde im Durchschnitt nahezu derjenigen der Erde gleich ist und an der wärmsten Stelle bis zu 150⁰ steigt, so folgt hieraus, daß der Mond keine Wasserstoffgasatmosphäre besitzen kann. Auf ähnliche Weise zeigt Ritter, daß der Mond kein Wasser an seiner Oberfläche haben kann. Und dasselbe gilt natürlich in noch höherem Grad für die Asteroiden, die erheblich kleiner als der Mond sind.

Ritter hat in dieser Richtung zahlreiche Nachfolger gefunden, unter welchen Johnstone, Stoney und Bryan wohl die hervorragendsten sind. Sie sind von den Annahmen der mechanischen Gastheorie über die Bewegungsgeschwindigkeit der Molekeln ausgegangen. Nach Stoney vermag die Erde nicht, Wasserstoffgas in ihrer Atmosphäre festzuhalten, was auch richtig sein dürfte. Aber auch Helium müßte nach seiner Meinung eine viel zu heftige Bewegung haben, um an einem so kleinen Himmelskörper wie der Erde haften

zu können. Die Rechnung scheint der Stoneyschen Ansicht nicht günstig zu sein, aber es wäre denkbar, daß das Helium sich schon aus der Erdatmosphäre entfernte, als diese in einer weit zurückliegenden Periode von viel höherer Temperatur und Ausdehnung war als jetzt.

Von sehr großem Interesse sind Ritter's Untersuchungen über die Wirkung eines Zusammenstoßes. Wie schon Mayer zeigte, erreicht ein Meteor, das aus großer Entfernung (z. B. Neptunsabstand), bei einer Anfangsgeschwindigkeit von Null, in die Sonne stürzt, an der Sonnenoberfläche eine Geschwindigkeit von nicht weniger als 618 km in der Sekunde und trägt dadurch zur Sonnenenergie mit etwa 45 Millionen Kalorien für jedes Gramm seiner (des Meteors) Masse bei. Beim Zusammenstoß zweier Sonnen findet demnach selbstverständlich eine starke Wärmeentwicklung statt. Dieselbe kann zur Ausdehnung des neuen Himmelskörpers verwendet werden. Wenn zwei gleich große Sonnen aus unendlichem Abstand und ohne Anfangsgeschwindigkeit aufeinander stürzen, so genügt nach Ritter die dabei entwickelte Wärme, um die beiden Gasmassen auf das vierfache ihres ursprünglichen Volumens auszudehnen. Damit die zusammenstoßenden Sonnen sich so ausdehnen, daß ihre ganze Masse in den unendlichen Raum hinausgestreut wird, müßte jede von ihnen eine Anfangsgeschwindigkeit von ungefähr 380 km in der Sekunde haben. Für einen Fixstern erscheint eine solche Geschwindigkeit allerdings sehr groß, — sie wird jedoch, wie es scheint, von einem kleinen, durch Kapteyn im Sternbild der Taube entdeckten, Stern achter Größe übertroffen, dessen Geschwindigkeit noch über 800 km in der Sekunde hinausgeht, und selbst von der Riesensonne Arkturus mit etwa 400 km in der Sekunde. Doch mögen diese großen Geschwindigkeiten sehr seltene Ausnahmen sein. Hätte jedoch die Sonne das hundertfache ihrer gegenwärtigen linearen Dimensionen und stieße mit einem ähnlichen Gasball zusammen, so brauchte ihre Anfangsgeschwindigkeit nur 38 km in der Sekunde zu betragen, um ihre ganze Masse in den

unendlichen Raum hinaus zu streuen, und einen — wie Ritter es nennt — „zentrifugalen" Nebelfleck zu bilden, der sich immermehr ausdehnen und allmählich in den Raum hinaus verbreiten würde. „Zu der Klasse der zentrifugalen Systeme darf man vielleicht die spiralförmigen Nebel rechnen, deren Entstehung man mit der Annahme eines schrägen Stoßes erklären kann." Eigentlich müßten diese Himmelskörper sich nach allen Richtungen ins Unendliche ausbreiten, aber es wäre denkbar, daß sie durch begegnende materielle Partikeln in ihrer Bewegung gehemmt und also stehen bleiben würden. Auf ähnliche Weise könnte man sich die Entstehung ringförmiger Nebel denken. Nach Ritter wäre es auch nicht notwendig, mit Croll bei zwei zusammenstoßenden Himmelskörpern Geschwindigkeiten von 100 geographischen Meilen (742 km) in der Sekunde anzunehmen, um die Entstehung der Wärme bei einer Sonne zu erklären. Dabei darf hervorgehoben werden, daß ein Gasnebel von der Masse der Sonne und 100mal größerem Radius, auch ohne mit einem derartigen Himmelskörper zusammenzustoßen, nur durch Zusammenziehung bis zu den Dimensionen unserer Sonne, eine genügend hohe Temperatur gewinnen würde, um wie ein hell strahlender weißer Stern zu leuchten.

Wenn die Geschwindigkeit, welche die beiden Himmelskörper bei ihrem Zusammenstoß besaßen, geringer als die oben angenommene wäre, so müßte ein zentripetales System entstehen, das heißt ein Gasball, der sich allmählich zu einem Fixstern zusammenzieht. Nach Ritter könnte dieser Stern um eine Gleichgewichtslage periodisch anschwellen und sich zusammenziehen, und auf diese Art will er den periodischen Wechsel im Licht der veränderlichen Sterne erklären. Es ist aber wahrscheinlich, daß diese pulsierende Bewegung infolge der Ausstrahlung sehr bald gehemmt werden würde. Außerdem ist der Wechsel der Lichtstärke bei derartigen Sternen gewöhnlich nicht so regelmäßig, wie Ritters Rechnungen voraussetzen. Seine Ansicht über diesen Punkt ist daher nicht allgemein angenommen worden.

Ritter glaubt, daß in einem zentrifugalen System Verdichtungen entstehen können, die sich als kleinere Sterne zu erkennen geben. Auf diese Weise könnten sich Sternhaufen bilden, und wir haben in der Tat Grund, anzunehmen, daß die spiralförmigen Nebel größtenteils aus solchen Sternhaufen bestehen. Schließlich kommt Ritter zu der Frage, ob nicht vielleicht die Milchstraße ein derartiger, aus einem Zentrifugalsystem gebildeter Sternhaufen sein könnte. Er sagt jedoch, daß dann das Milchstraßensystem unmöglich die Hauptmenge der in seiner nächsten Umgebung befindlichen materiellen Massen ausmachen könnte. Um nämlich eine so große Anfangsgeschwindigkeit, wie sie das Zustandekommen eines zentrifugalen Systems nach einem Zusammenstoß erfordert, zu erreichen, müssen, seiner Ansicht nach, die beiden zusammenstoßenden Gasmassen vorher der Einwirkung noch größerer anziehender Massen ausgesetzt gewesen und auch fortwährend im Bereich ihrer Anziehung geblieben sein.

Nach Ritters Untersuchung können zentrifugale Bildungen beim Zusammenstoß zweier erloschener Sonnen sicher nur in dem seltenen Ausnahmefall entstehen, daß die beiden Sonnen eine außerordentlich große Geschwindigkeit haben. Aber nichts widerspricht der Annahme, daß ein — vermutlich geringer — Bruchteil des Sonnensystems zentrifugal wird, während die Hauptmasse ein zentripetales System bildet. Dieser Verlauf wurde weiter oben als normal hingestellt. Das zentrifugale System bildet da einen spiralen Nebel um das zentripetale als Mittelpunkt, welch letzteres sich allmählich so ausbildet, wie Laplace es sich für seinen, in ein Planetensystem verwandelten Gasnebel ausgedacht hatte.

Ritter hat auch die Zeiten berechnet, die ein Fixstern von der Größe unserer Sonne in den verschiedenen Stufen seiner Entwicklung braucht. Er unterscheidet dabei vier Perioden. Die erste entspricht dem Nebelfleckstadium. Die Temperatur ist deshalb verhältnismäßig niedrig, der Stern gibt zuerst das Nebelspektrum, darauf strahlt er rötliches

Licht aus. Verschiedene Forscher, wie Lockyer, teilen aus theoretischen Gründen diese Ansichten, denen jedoch die Beobachtung nicht entspricht. Die Nebelflecke zeigen die leuchtenden Linien des Wasserstoffs und Heliums. Aber auch manche Sterne geben diese leuchtenden Linien und stehen daher den Nebelflecken nahe; sie haben aber nicht rotes, sondern weißes Licht. Es scheint demnach beinahe, als ob das von Ritter geforderte Zwischenstadium zwischen Nebelflecken und weißen Sternen (Nebelsterne mit rotem Licht) fehlte, doch kann es sein, daß, wenn es derartige Übergangsformen gibt, sie äußerst selten sind. (Vgl. „Das Werden der Welten", S. 167.) Ritter hält auch dieses Zwischenstadium als von verschwindend kleiner Dauer im Vergleich zu der Zeit des Überganges vom weißen zum roten Licht. — Es gibt sehr lichtstarke rote Sterne, wie Beteigeuze, deren roter Schein jedoch vermutlich auf Absorption durch Staub in ihrer Atmosphäre oder ihrer Umgebung beruht (vgl. „Werden der Welten", S. 64 und 163). — Die erste, bis zur Erreichung des Maximums der Strahlung währende Periode würde einen Zeitraum von 16 Millionen Jahren umfassen. Hierauf steigt die Temperatur — aber nicht hinreichend, um auch die Strahlung gleichzeitig zu steigern, da die strahlende Oberfläche sich rasch verkleinert, — bis sie ihr Maximum erreicht. Diese Periode ist verhältnismäßig kurz, sie umfaßt nur 4 Millionen Jahre. Während der dritten Periode, in welcher die Leuchtkraft des Sterns beständig abnimmt und seine Temperatur sinkt, würden 38 Millionen Jahre verfließen, und darauf würde endlich der vierte, sehr lang andauernde lichtlose, erloschene Zustand des Sterns folgen. Alle diese Berechnungen haben zur Voraussetzung, daß die Wärme der Sonne nur durch ihre Zusammenziehung erzeugt wird und dürften nicht unwesentlich von der Wirklichkeit abweichen, da wahrscheinlich nicht die Zusammenziehung, sondern die chemischen Prozesse es sind, die die Hauptrolle spielen.

Ritters Berechnungen führen zu dem Ergebnis, daß eine Sonne durch den Zusammenstoß mit einem Planeten nicht

zu neuem Leben erweckt werden kann, wenn sie bereits erloschen ist. Kants poetischer Traum von der Wiedererweckung des Sonnensystems durch den Sturz der Planeten in die Sonne, kann sich also kaum verwirklichen. „Die Häufung unverbrennlicher und ausgebrannter Materien," sagt der berühmte Philosoph, „z. E., der Asche auf der Oberfläche, endlich auch der Mangel an Luft werden der Sonne ein Ziel setzen, da ihre Flamme einst erlöschen, und ihren Ort, der anjetzo der Mittelpunkt des Lichtes und des Lebens des ganzen Weltgebäudes ist, ewige Finsternis einnehmen werden. Die abwechselnde Bestrebung ihres Feuers, durch die Eröffnung neuer Grüfte wiederum aufzuleben, wodurch sie sich vielleicht vor ihrem Untergang etliche Male herstellt, könnte eine Erklärung des Verschwindens und der Wiedererscheinung einiger Fixsterne abgeben." „Man darf nicht erstaunen, selbst in dem Großen der Werke Gottes eine Vergänglichkeit zu erkennen. Alles, was endlich ist, was einen Anfang und Ursprung hat, hat das Merkmal seiner eingeschränkten Natur in sich; es muß vergehen und ein Ende haben. Newton, dieser große Bewunderer der Eigenschaften Gottes aus der Vollkommenheit seiner Werke, der mit der tiefsten Einsicht in die Trefflichkeit der Natur die größte Ehrfurcht gegen die Offenbarung der göttlichen Allmacht verband, sah sich genötigt, der Natur ihren Verfall durch den natürlichen Hang, den die Mechanik der Bewegung dazu hat, vorher zu verkündigen." „Im unendlichen Ablaufe der Ewigkeit muß doch zuletzt ein Zeitpunkt sein, da diese allmähliche Verminderung alle Bewegung erschöpft hat."

„Übrigens brauchen wir den Untergang eines Weltenbaues nicht als wirklichen Verlust in der Natur zu betrachten. An einer anderen Stelle wird dieser Verlust durch Überfluß ersetzt." Kant dachte sich nämlich, daß, während die Sonnen in der Nähe des Zentralkörpers der Milchstraße erlöschen, neue aus den weiter entfernten Weltnebeln entstünden, so daß die Anzahl der bewohnten Welten stets in Zunahme begriffen sei. Es tat Kant doch leid, sich vorzustellen,

daß die Sonne und die sie umgebenden Planeten dort in der Mitte der Milchstraße für alle Zukunft tot liegen sollten; das schien ihm im Widerspruch mit einem vernünftigen Haushalt zu stehen. „Will man aber noch zuletzt einer Idee Platz lassen, die ebenso wahrscheinlich als der Verfassung der göttlichen Werke wohlanständig ist, so wird die Zufriedenheit, welche eine solche Abschilderung der Veränderungen der Natur erregt, bis zum höchsten Grad des Wohlgefallens erhoben. Kann man nicht glauben, die Natur, welche vermögend war, sich aus dem Chaos in eine regelmäßige Ordnung und in ein geschicktes System zu setzen, sei ebenfalls imstande, aus dem neuen Chaos, darin sie die Verminderung ihrer Bewegungen versenkt hat, sich wiederum ebenso leicht herzustellen, und die erste Verbindung zu erneuern? Können die Federn, welche den Stoff der zerstreuten Materie in Bewegung und Ordnung brachten, nachdem sie der Stillstand der Maschine zur Ruhe gebracht hat, durch erweiterte Kräfte nicht wieder in Bewegung gesetzt werden — —? Man wird nicht lange Bedenken tragen, dieses zuzugeben, wenn man erwägt, daß, nachdem die endliche Mattigkeit der Umlaufsbewegungen in dem Weltgebäude die Planeten und Kometen insgesamt auf die Sonne niedergestürzt hat, dieser ihre Glut einen unermeßlichen Zuwachs durch die Vermischung so vieler und großer Klumpen bekommen muß, vornehmlich da die entfernten Kugeln des Sonnensystems, unserer erwiesenen Theorie zufolge, den leichtesten und im Feuer wirksamsten Stoff der ganzen Natur in sich enthalten.“ Die neue Sonnenglut, die durch Zufuhr weiterer Nahrung zum heftigsten Brand auflodert, würde nach Kant hinreichen, um alles in den ursprünglichen Zustand zurückzuversetzen, so daß ein neues Planetensystem sich aus dem neuen Chaos wieder herausbilden könnte. Wenn dieses Spiel sich verschiedene Male wiederholt, so wird das größere System, in dem das unserige bloß einen Bruchteil bedeutet, das Milchstraßensystem, auf ähnliche Weise zur Ruhe gebracht und wieder erweckt werden und dem vorher öden Raum neues Leben ver-

leihen. „Wenn wir denn diesen Phönix der Natur, der sich nur darum verbrennt, um aus seiner Asche wieder verjüngt aufzuleben, durch alle Unendlichkeit der Zeiten und Räume hindurch folgen, so versenkt sich der Geist, der alles dieses überdenkt, in ein tiefes Erstaunen."

Damals kannte man die mechanische Wärmetheorie noch nicht, und Kant, der früher dunkel ahnte, daß die Sonnenglut durch Verbrennung (chemische Prozesse) unterhalten werden muß, sieht nicht die Inkonsequenz der Annahme, daß die ausgebrannte Materie immer wieder neue Energie schaffen soll durch Wieder- und Wiederverbrennen. Es ist unrecht, den Maßstab der Physik an dieses schöne philosophische Gedicht anzulegen, das sogar Kant veranlaßt, seine gewohnte Schreibweise beiseite zu lassen. Unter der naturwissenschaftlichen Kritik schrumpft die prachtvolle Schöpfung Kants, in der das sehnsüchtige Verlangen nach Ewigkeit der Natur einen der Wahrheit so nahen Ausdruck findet, zu einem Nichts zusammen. Unsere Bewunderung für Kants kosmogonisches Werk wird sich nicht auf die Betrachtung desselben vom physikalischen Standpunkt aus gründen, sondern auf die Großartigkeit des Planes, den im Detail auszuführen, Kant nicht imstande war.

Kants Ideen sind fast unverändert von dem spiritistischen Philosophen Du Prel (1882) aufgenommen worden, der ihnen jedoch eine leichtere Form gegeben hat, wobei er auch den gewaltigen Fortschritt der Himmelskunde in der Zwischenzeit berücksichtigen konnte und die naive teleologische Auffassung Kants vermied. Auch er läßt die Planeten in die erloschene Sonne stürzen und sie dadurch wieder neu beleben. „Wir können nicht annehmen, daß die erkalteten Weltleichen in gespensterhaftem Laufe durch den Raum ziehen werden bis zur Vereinigung mit dem Zentralsysteme, das schließlich durch den Ätherwiderstand in Bewegungslosigkeit übergehen würde; vielmehr können wir die Urnebel, aus welchen sich die Sternhaufen bilden, als das Produkt der Vereinigung aller Gestirne eines Sternhaufens auffassen, deren Bewegung,

in Wärme und Licht umgesetzt, eine Temperatur erzeugte, bei der die gesamte Materie in die Nebelform zurückverwandelt wurde — ein Kreislauf, der uns unwillkürlich an jene „Kalpas“ erinnert, mit welchen die Buddhisten die nach Myriaden von Jahrmillionen zählenden Weltperioden bezeichnen, welche durch jeweilige Vernichtung des Weltalls abgeschnitten, einander folgen.“ Nähere Untersuchung zeigt jedoch, — nach Du Prel —, daß nicht das ganze Weltall gleichzeitig ruht, sondern, daß das Leben, während es an einer Stelle erlischt, an anderer sich in herrlichster Blüte entfaltet. „Gleich der Penelope, welche in nächtlicher Weile trennte, was ihre Hände bei Tage gewoben, vernichtet die Natur jeweilig ihre Werke, und nicht die Absicht, das Gewebe zu vollenden, läßt sich ihr zuschreiben.“

„Nach der Vernichtung beginnt die Entwicklung auf jedem Stern von neuem, und vom Standpunkte unserer irdischen Einsicht bedeckt die tiefe Nacht der Erinnerungslosigkeit alles, was sich allgemein genommen als Geschichte der abtretenden Weltkörper bezeichnen läßt. Kein anderes Geschlecht, keine zu Höherem berufene Art von Geschöpfen wird einst die Erbschaft der Erde antreten und nichts von dem, was die Menschheit geleistet hat, wird in die Hände anderer Wesen übergehen.“ In Übereinstimmung mit Mädler hält Du Prel das Siebengestirn (die Plejaden) für das Zentralsystem, um welches unsere Sonne kreist. Diese Ansicht erhielt aber den Todesstoß durch die Untersuchungen von A. F. Peters.

„So zeigen sich denn im Kosmos nebeneinander gelagert alle Phasen jener ewigen Wandlung, in der gravitierende Bewegung in Wärme, diese in räumliche Bewegung sich umsetzt. Hier ein Gewirre von flammenden Welten im Höhepunkte ihres Glanzes strahlend, dort nebenan welkende Sternhaufen, in welchen die veränderlichen Sterne den Niedergang zeigen, und die verdunkelten Sonnen im Wiederauflodern mit letzter Kraftanstrengung sich der Erstarrung zu erwehren suchen. Während in einer Region in scharf umrissenen Nebel-

ballen die ersten Sonnen zu keimen beginnen, werden am anderen Orte die fein gegliederten Sonnensysteme als diffuse Gasmassen wieder in den Raum hinausgetragen. Aber immer wieder hebt die Sisyphusarbeit der Natur an."

Du Prel führt die darwinistische Anschauung in die Betrachtung der Entwicklung der Nebelflecke zu Planetensystemen oder Sternhaufen ein. Die Kugeln unseres Planetensystems erfreuen sich einer bewundernswerten Stabilität, da sie infolge ihrer nahezu konzentrischen Bahnen nicht von Zusammenstößen bedroht sind. Diejenigen, welche diese vorteilhaften Bahnverhältnisse nicht besaßen, sind aneinander gestoßen und haben entweder neue Himmelskörper mit günstigeren Bahnen gebildet, oder sie sind schließlich auch in die Sonne gestürzt. Auf diese Weise wurden allmählich die Planeten ausgeschieden, die sich in Bahnen bewegten, welche sie nicht vor Zusammenstößen schützten und wir erhielten so zuletzt das jetzige, so außerordentlich „zweckmäßige" System, dessen Stabilität so wunderbar ist, daß Newton die Annahme eines vernünftigen Wesens, das von Anfang an alles geordnet hat, für notwendig erachtet. Dieser Du Prelsche Gedankengang scheint allerdings sehr annehmbar, er ist aber weiter nichts als die in ein modernes, besonders schönes und zusagendes Gewand gehüllte Kantsche Vorstellung.

Du Prel findet seine Ansicht schon bei Lucretius wieder, der folgende bemerkenswerte Zeilen hinterlassen hat. („De natura rerum I, 1021—1028.)

„Denn in der Tat, nicht haben die uranfänglichen Stoffe
Sich mit weisem Bedacht in gehörige Ordnung gefüget,
Und es bestand kein Plan der Bewegungen untereinander;
Sondern da viele derselben, in mancherlei Weise verändert,
Im unermeßlichen All durch Stöße getrieben sich banden,
Jede Bewegungsart und jede Verbindung versuchend,
Haben zuletzt sie jene Gestalt und Lage bekommen,
Durch die jetzo die Summe geschaffener Wesen bestehet."

Wenn, wie Kant und Du Prel sich vorstellten, die Planeten eines Tages durch einen ihre Bewegung hemmenden Widerstand gegen die Sonne fallen würden, so müßten sie zweifellos — wie Roche beweist — schon lange ehe sie den Zentralkörper erreichten, durch die ungleiche Wirkung der Schwerkraft auf ihre verschieden weit von der Sonne entfernten Partien, wie die Kometen, die wie z. B. Bielas Komet, der Sonne nahe kommen, zertrümmert werden. Bei diesem Zerfall würden ohne Zweifel gewaltsame vulkanische Ausbrüche die Bruchstücke zu vorübergehender Glut bringen, auch wenn die Sonne schon erloschen wäre. Aber diese Glut würde so schwach sein, daß sie vermutlich außerhalb unseres Planetensystems nicht wahrgenommen werden könnte. Ist die Sonne jedoch nicht erloschen, so würde der Planet ohne Zweifel zu einer glühenden, teigartigen Masse zerschmelzen, aus welcher die Bruchstücke sich ohne weitere große Umwälzung ablösen würden. Auf alle Fälle würde der Planet auf die Sonne als Meteorstaub ruhig niedersinken, und irgend eine merkbare Veränderung ihres (der Sonne) physischen Zustandes nicht eintreten. Wie sehr wir auch Kants und Du Prels Schöpfungsgeschichte bewundern, so müssen wir ihnen doch eine physikalische Grundlage aberkennen. Ihr System muß sich auf andere als die von ihnen erdachte Weise verwirklichen.

IX.

Der Unendlichkeitsbegriff in der Kosmogonie.

Während wir im Vorhergehenden hauptsächlich Fragen naturwissenschaftlicher Art behandelt haben, wenden wir uns jetzt einer mehr philosophischen Frage zu, der Frage nach dem Unendlichkeitsbegriff, an deren Lösung die Philosophen auch in hohem Maße beteiligt waren. Mag ein Stern, wie der Sirius, noch so weit entfernt sein, so gibt es doch Sterne, die noch weiter sind, und wenn wir uns auch dächten, daß ein Stern der allerentfernteste und letzte sei, so würden wir uns doch noch den Raum dahinter fortgesetzt denken, so weit wir nur wollen. Eine Begrenzung des Raumes können wir uns nicht vorstellen, ebensowenig eine Begrenzung der Zeit. Wie weit wir auch zurückdenken mögen, wir müssen uns doch vorstellen, daß es vorher noch eine Zeit gab. Ebensowenig können wir uns ein Ende der Zeit vorstellen, m. a. W. der Raum ist unendlich und die Zeit ist ewig.

Dennoch ist es unmöglich, mit den Gedanken unendlichen Raum oder unendliche Zeit zu erfassen, und deshalb haben die Menschen oft versucht, das Universum als endlich, die Zeit mit einem Anfang darzustellen. In dieser Beziehung können wir auf die babylonische Darstellung verweisen.

Merkwürdigerweise hat die Ansicht, daß der Raum endlich sein könnte, obwohl er uns unendlich scheint, verschiedene Vertreter gehabt, — unter anderen so scharfsinnige Männer wie den berühmten Mathematiker Riemann und den

großen Physiker Helmholtz. Bekanntlich erscheint die Meeresoberfläche wegen der Kugelform der Erde gewölbt, und von einer einige Meilen entfernten Insel sieht man von der gegenüberliegenden Küste aus nicht den Strand, sondern nur höher gelegene Teile, wie Baumwipfel, Felsen usw. Zuweilen treten jedoch eigentümliche atmosphärische Zustände ein, die auch den Strand von der entgegengesetzten Küste aus sichtbar machen. Das beruht darauf, daß die Dichte der Luft von oben nach unten rasch zunimmt, wodurch das Licht, ganz wie in einem Prisma, gebrochen wird. Diese Zunahme der Dichte in den Luftschichten nach unten kann unter Umständen derartig sein, daß ein Lichtstrahl, der parallel zur Erdoberfläche ausgeht, so gebrochen wird, daß er dieser beständig parallel bleibt und dieselbe Krümmung wie die Meeresoberfläche erhält. Eine Person, die gerade gegen den Horizont blicken würde, müßte dann rund um die Erde und, sozusagen, sich selbst in den Rücken sehen können. Natürlich würde sie nicht imstande sein, sich selbst zu entdecken, aber die Erde, oder richtiger das Meer, würde ihr als eine glatte, sich nach allen Richtungen bis in unendliche Ferne ausdehnende Fläche erscheinen.

Wir könnten uns nun vorstellen, daß die Lichtstrahlen im Raum aus irgend einer Ursache sich ebenso krümmten, sodaß wir, wenn wir zum Beispiel gerade nach oben blickten, doch nicht in unendliche Ferne gerade nach oben, sondern wegen der Krümmung der Sehlinie im Bogen um die Erde hin und schließlich auf die andere Seite derselben sähen. Natürlich würde es uns auch in diesem Fall nicht möglich sein, die Erde in der Sehlinie zu erblicken, weil der Weg, den das Licht auf seiner Bahn von der andern Seite der Erde bis zu unserm Auge zurückzulegen hätte, außerordentlich lang wäre, länger als die Entfernung irgend eines uns sichtbaren Sterns. Wir würden aber doch, wie leicht begreiflich, keine Sterne wahrnehmen können, die weiter von uns entfernt wären als die äußersten Punkte des Kreises, dem der Lichtstrahl in solchen Fällen folgen würde.

Obgleich wir sonach nur den Teil des Weltalls sähen, der innerhalb eines bestimmten — gewiß sehr großen, aber doch endlichen — Abstandes von uns läge, würde es uns doch scheinen, als blickten wir über die Erde weg nach jeder Richtung gerades Wegs in den unendlichen Raum. Demnach könnten wir nicht behaupten, der Raum sei unendlich, wenigstens nicht so weit wir fähig wären, ihn wahrzunehmen.

Helmholtz hat gemeint, diese Möglichkeit müßte von den Astronomen geprüft werden, und sie ist in der Tat mit den Beobachtungen der Sterne schwer vereinbar. Aber diese Prüfung wäre ziemlich überflüssig. Denn während die Krümmung des Lichtstrahls der Erdoberfläche entlang durch von Temperaturverhältnissen bewirkte Ungleichheiten in der Dichte und in dem Brechungsvermögen der Luft über und unter der Sehlinie hervorgerufen wird, können wir keine einleuchtende Ursache dafür finden, daß Dichte und Brechungsvermögen des Lichtäthers auch nur im geringsten in dem einen oder andern Sinne zur Einfallsrichtung ungleich sein sollten. Daher ist es ganz unnatürlich anzunehmen, daß die Sehlinie im Raum sich allmählig krümmen könnte. Man hat deshalb diese Phantasterei, die nach Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Zeitlang lebhafte Aufmerksamkeit erregte, fast vollständig fallen lassen, besonders da sie sich in naturwissenschaftlicher Hinsicht als unfruchtbar erwies. Wer sich dafür interessiert, findet allgemein faßliche kritische Untersuchungen darüber in den Arbeiten des Dänen Kroman und des Amerikaners Stallo, sowie des berühmten französischen Mathematikers Poincaré. Wir bleiben also bei der alten einfachen Vorstellung.

Es ist ein alter Streit, ob die Anzahl der Sterne unendlich sei oder nicht. Anaximandros, Demokrit, Swedenborg und Kant hielten sie für unendlich. Wenn indessen die Sterne einigermaßen gleichförmig im Raume verteilt und nicht gerade da, wo unsere Sonne sich befindet, stark konzentriert wären, so müßte der ganze Himmel im Glanz der Sterne und

vermutlich noch stärker als die Sonne leuchten, und auf der Erde würde alles verbrennen, wenn nämlich alle Himmelskörper dieselbe Durchschnittstemperatur hätten wie die von uns beobachteten Fixsterne, die im allgemeinen wärmer sind als die Sonne. Da die Erde nun aber nicht verbrennt, so kann das nur in zweierlei seinen Grund haben. Die Sterne können in der nächsten Umgebung unseres Sonnensystems konzentriert sein und, je weiter im Raum, desto seltener werden. Merkwürdigerweise scheinen die meisten Astronomen sich dieser sehr unphilosophischen Ansicht zuzuneigen. Dieselbe ist jedoch durch die Erkenntnis des Strahlungsdrucks unhaltbar geworden, denn durch dessen Wirkung wären im unendlichen Laufe der Zeiten alle Sonnen in den endlosen Raum hinaus verstreut worden, wenn sie irgend einmal um einen gewissen Punkt, wie die Mitte der Milchstraße, konzentriert gewesen wären.

Kann also dieser Grund nicht gelten, so müssen wir uns zu der andern Annahme wenden, daß eine große Anzahl dunkler Himmelskörper von äußerst niedriger Temperatur und unermeßlich viel größerer Ausdehnung als derjenigen der strahlenden Sterne im Raume vorhanden ist. Diese Körper sind die kalten Nebelflecke. Sie besitzen die merkwürdige Eigenschaft, sich bei der Aufnahme von außen zustrahlender Wärme auszudehnen und abzukühlen. Bei der Ausdehnung werden diejenigen Gasmoleküle, die die größte Geschwindigkeit besitzen, ausgestoßen und durch andere Gasmassen aus den inneren, mehr konzentrierten Teilen des Nebelflecks ersetzt. Auf diese Weise werden unter Abnahme der Entropie immer größere Energiemengen in diesen wegströmenden Gasmassen, die sich auf naheliegenden Sternen sammeln, angehäuft (vgl. Werden der Welten, S. 175).

Es bleibt uns also nichts übrig, als anzunehmen, daß die Zahl der Sterne im unendlichen Raum unendlich ist. Wir sind noch weit davon entfernt, nur alle diejenigen zu kennen, welche nicht durch davorliegende dunkle Körper verdeckt sind. Je leistungsfähiger die optischen Hülfsmittel

werden, desto mehr neue Weltenräume mit immer neuen Heeren von Sternen öffnen sich unsern Blicken. Aber ihre Zahl nimmt nicht im gleichen Maße zu, wie der vom Instrument bezwungene Raum wächst, sondern ganz erheblich langsamer, was — wenigstens teilweise — auf der beschattenden Wirkung der dunklen Körper beruhen mag.

Daß die Materie unvergänglich oder ewig ist, hat den Naturvölkern bei ihrer Mythenbildung von der Entstehung der Welt dunkel vorgeschwebt. Allgemein wird ein seit Ewigkeit bestehendes Chaos oder Urwasser vorausgesetzt. Gereiftere Denkweise führte dann zu den Ergebnissen der Philosophie des Demokrit und des Empedokles. Aber während des Mittelalters begann die metaphysische Auffassung immer mehr sich geltend zu machen, wonach die Materie durch einen Schöpfungsakt aus nichts entstanden sei. Wir begegnen diesem Gedanken bei Descartes — allerdings ist es nicht sicher, ob er daran glaubte —, bei dem unsterblichen Newton, sogar bei dem großen Philosophen Kant und auch noch viel später bei Faye und C. Wolf. Indessen geht durch alle kosmogonischen Darstellungen der leitende Gedanke von der allmählichen Entwicklung der Materie unter unveränderter Beibehaltung ihrer Quantität. In der Annahme, sie habe plötzlich zu existieren angefangen, liegt eine sonderbare Inkonsequenz. Daß das gesamte Weltproblem von einem einzelnen gelöst werde, kann ja nicht verlangt werden, und man kann es darum wohl verstehen, wenn Laplace sagt, er wolle nur zeigen, wie ein bestimmter Teil der Weltentwicklung vor sich gegangen sei, und das übrige andern Forschern überlassen. Aber statt sich solch einfache Beschränkung aufzuerlegen, hat man oft zu übernatürlichen Erklärungen gegriffen. Man verließ dabei die klare spinozistische Regel von der Unveränderlichkeit der Naturgesetze. (S. 36*).

*) Der große Philosoph Spinoza wurde 1632 in Amsterdam geboren und starb daselbst 1677. Seine Lebensschicksale beweisen, wie ungeheuer groß der Fortschritt der Zivilisation seit jener Zeit ist; sie mögen daher in Kürze

Auch Spencer ist hierin sehr deutlich, er sagt: „Wir können nicht annehmen, daß die sichtbare Welt einen Anfang oder einen Schluß habe.“ (Vgl. auch S. 36).

Als Spencer dies schrieb, kannte er die Lehre von der Unzerstörbarkeit der Energie (man sagte damals Kraft) sehr wohl, auch den durch Lavoisiers Versuche bewiesenen Satz von der Unzerstörbarkeit der Materie, der tatsächlich zu allen Zeiten gegolten hat, ohne daß allerdings volle Klarheit darüber geherrscht hätte. Während der letzten Jahrzehnte ist gelegentlich die Frage aufgeworfen worden, ob die Materie (nach Gewicht gemessen) zerstört werden kann. Es handelte sich hauptsächlich um einige außerordentlich sorgfältige Versuche Landolts über die Erhaltung des Gesamtgewichtes bei chemischer Einwirkung zweier Körper aufeinander. Landolt fand in einigen Fällen eine unbedeutende, die Versuchsfehler etwas übersteigende, Veränderung. Durch fortgesetzte Beobachtungen ist er indessen zu der Ansicht gelangt, daß die Gewichtsveränderungen nur scheinbar waren und auf einer langsam verschwindenden Temperatursteigerung während des Prozesses beruhten. Man ist also vollkommen berechtigt zu sagen: Die vielfachen Erfahrungen der Chemiker bestätigen die Ansicht der alten Philosophen von der Unzerstörbarkeit der Materie.

Eigentümlich ist es, daß alle Gelehrten, die bei der Behandlung kosmogonischer Fragen eine plötzliche Entstehung der Materie annehmen, in ihren Systemen der Materie kein

---

erzählt werden. Seine Eltern waren portugiesische Juden, die vor den Verfolgungen der Inquisition nach Holland flohen. Der außerordentlich begabte junge Mann konnte sich der Zweifel an den religiösen jüdischen Dogmen der damaligen Zeit nicht erwehren und wurde darum von seinen Glaubensgenossen hart behandelt. Schließlich versuchte man ihn zu überreden, gegen reichlichen Entgelt die jüdischen Religionslehren scheinbar anzuerkennen. Da er dieses Anerbieten mit Verachtung zurückwies, suchte man sich seiner durch Meuchelmord zu entledigen und stieß ihn aus der jüdischen Gemeinschaft aus. Er fand hierauf durch Schleifen von optischen Linsen ein kärgliches Auskommen und schuf großartige philosophische Werke.

zeitliches Ende zuerkennen. Das ist eine unbegreifliche Inkonsequenz, ebenso unbegreiflich, als wenn man so kühn sein wollte zu behaupten, die Sterne seien nördlich der Ekliptik unendlich an Zahl, südlich derselben aber nicht. Man könnte dagegen einwenden, daß man auch bei gewissen Begriffen wohl eine Unendlichkeit in einer Richtung, von einem Punkte aus aber keine Fortsetzung in entgegengesetzter Richtung von diesem Punkte aus annimmt. So zählt man Temperaturgrade vom absoluten Nullpunkt ab unbegrenzt aufwärts, aber unterhalb desselben, in entgegengesetztem Sinne, keine.

Dagegen mag bemerkt werden, daß es einerseits durchaus nicht unmöglich wäre, eine Temperaturskala zu schaffen, die die Annahme einer negativen unendlichen Temperatur involvierte, es würde dazu genügen, beispielsweise den Logarithmus der Temperaturen von —273° C an gerechnet, zur Angabe der Wärmegrade zu nehmen; daß aber andererseits die Temperatur vermutlich auf einer Bewegung der Moleküle beruht, und eine Bewegung in negativer Richtung als vollkommen gleichwertig mit einer solchen in positiver Richtung gelten muß, und es also aus diesem Grunde unmöglich ist, unter die absolute Bewegungslosigkeit zu kommen. Ebensowenig kann man sich eine negative Masse vorstellen. Aber eine negative (d. h. verflossene) Zeit kann man nicht bloß, sondern muß man sich sogar denken, und deshalb ist es ganz inkonsequent, von der Ewigkeit der Materie in der Zukunft, aber nicht in der Vergangenheit zu sprechen.

Wie Spencer in dem oben erwähnten Zitat sagt, ist es ebenso unmöglich, sich eine Schöpfung von Energie (Kraft) wie eine solche von Materie vorzustellen. Auch in diesem Fall hat den Philosophen eine unklare Idee vorgeschwebt, ehe die Naturwissenschaften eine Reinigung der Begriffe vornahmen. In den Schriften von Descartes, Buffon, Kant, wie überhaupt in älteren Kosmogonien, findet man beständig Spuren einer dunklen Ahnung von der Unzerstörbarkeit der Energie. Descartes und Kant sprechen davon, wie notwendig

es ist, daß ein Feuer, für dessen Unterhaltung die Luft als unentbehrlich erachtet wurde, die Glut der Sonnen aufrecht erhält. Buffon meinte sogar, daß „die andern Sonnen, welche auch fortwährend Glut aussenden, unserer Sonne ebensoviel Licht zukommen lassen, als sie ihr entnehmen.“ Er nahm also eine Art Wärmegleichgewicht an, ging aber leider nicht auf eine nähere Untersuchung des Verhältnisses ein.

Irgendwelche tiefere Einsicht in diese Verhältnisse wurde nicht früher als Anfang des vorigen Jahrhunderts durch Sadi Carnots Genie gewonnen. Trotzdem blieben, infolge seines allzufrühen Todes, seine Arbeiten teilweise unediert und unbekannt, und der Grundsatz von der Unzerstörbarkeit der Energie mußte durch Mayer, Joule und Colding wieder zu neuem Leben erweckt, sowie von Helmholtz durchgearbeitet werden. Es ist bezeichnend, daß keiner von ihnen Naturforscher von Fach, der letztgenannte jedoch in den mathematischen Wissenschaften geschult war. Carnot und Colding waren Ingenieure, Mayer und Helmholtz Ärzte, Joule Bierbrauer. Untersucht man die zu der Entdeckung führenden Gründe näher, so waren sie hauptsächlich philosophischer Natur, und es sind sogar scharfe Angriffe gegen diese Bahnbrecher wegen ihrer allzu naturphilosophischen Anschauungen gerichtet worden. Schon lange waren die Naturforscher der Ansicht, daß Wärme auf einer Bewegung der kleinsten Körperteilchen beruhe. Man findet darauf bezügliche Aussprüche bei Descartes, Huyghens, Lavoisier und Laplace, Rumford und Davy. Dieser Ansicht stand eine andere gegenüber, nach welcher die Wärme stofflicher Natur wäre. Der Begründer der mechanischen Wärmetheorie war schon in gewissem Maße zur Klarheit über die erstere Auffassung gelangt. Bei Carnot spielten jedoch Betrachtungen über die Natur der Wärmemaschinen, in denen Arbeit dadurch geleistet wird, daß Wärme von einem warmen auf einen kalten Körper übergeht, die wichtigste Rolle. Nach Carnot müßte bei der Übertragung einer gegebenen Wärmemenge, in der Art, daß dabei die größtmögliche Arbeit geleistet wird, in allen

Fällen die Arbeitsmenge unabhängig vom wärmeübertragenden Medium sein, wenn nur der warme und der kalte Körper beständig dieselbe Temperatur beibehalten. Dieses Prinzip kann man auch so ausdrücken, daß die Konstruktion eines „perpetuum mobile" unmöglich ist. Hierin drückt sich die feste Überzeugung des Ingenieurs aus, daß Arbeit nicht umsonst erhalten werden kann. In Mayers Abhandlung wimmelt es von solchen Ausdrücken, wie „aus nichts kommt nichts", er war durchdrungen von der Idee der Substantialität der Arbeit. Colding sagt: „Es ist meine feste Überzeugung, daß die Naturkräfte, denen wir hier begegnen, sowohl in der organischen wie in der unorganischen Welt, im Pflanzen- und Tierreich sowohl, wie in der leblosen Natur, nicht nur seit Beginn der Welt bestanden haben, sondern daß diese Kräfte auch beständig tätig gewesen sind, die Welt in dem ihr bei der Schöpfung gegebenen Sinn zu entwickeln." Joule äußert in einem populären Vortrag: „Wir können a priori schließen, daß eine absolute Vernichtung lebendiger Kraft $\frac{mv^2}{2}$ nicht stattfinden kann, denn man kann nicht annehmen, daß die Kräfte, mit welchen Gott die Materie begabt hat, zerstört oder durch menschliche Tätigkeit geschaffen werden können." Helmholtz' Arbeit, die vier bis fünf Jahre später kam, gilt heute als physikalische Leistung ersten Ranges, damals aber wurde ihr, wie der Abhandlung von Mayer, die Aufnahme in die vornehmste Fachzeitschrift, „Poggendorfs Annalen", verweigert. Man sieht daraus deutlich, daß man die physikalische Bedeutung dieser Arbeiten nicht erkannte, sondern sie nur als philosophische Erörterungen angesehen hat. Nunmehr sind diese Arbeiten die Grundlage der außerordentlich fruchtbaren Umbildung geworden, die während des letzten halben Jahrhunderts nicht nur die Physik, sondern auch die Chemie und selbst die Physiologie erfahren hat. Die Unzerstörbarkeit der Energie und ihr Bestehen von Ewigkeit zu Ewigkeit ist dadurch für alle Zukunft festgestellt worden.

Eigentümlicherweise trug die Entwicklung dieses Zweiges der Wissenschaft den Keim zur Verneinung des Ewigkeitsprinzips in sich. Die Wärmetheorie führte zu der Folgerung, daß Wärme immer von selbst (d. h. soweit nicht Arbeit dabei verrichtet wird) von wärmeren auf kältere Körper übergeht. Die Folge davon ist die allmähliche Entwicklung der Welt in dem Sinne, daß alle Energie sich in Molekularbewegung umwandelt, und daß die Temperaturunterschiede im ganzen Weltall sich ausgleichen müssen. Ist das geschehen, so muß alle Bewegung, mit Ausnahme der Molekularbewegung, aufhören und alles Leben erlöschen. Das wäre dann das vollkommene Nirwana, von dem die indischen Philosophen träumten. Clausius nannte diesen letzten Zustand den „Wärmetod". Wenn nun die Welt wirklich nach dem Wärmetod strebte, so müßte sie ihn in der unendlich langen Zeit, seit welcher sie offenbar schon besteht, bereits erreicht haben. Aber da wir tagtäglich erfahren, daß die Welt noch nicht von diesem harten Schicksal betroffen worden ist, so müßten wir folgerichtig schließen, daß der Ewigkeitsgedanke nicht begründet ist und die Welt nicht seit unendlichen Zeiten bestanden, sondern einen Anfang gehabt hat, d. h. sie ist erschaffen worden, und dabei wäre sowohl Materie wie Energie entstanden. Auch Lord Kelvin hat wesentlich zur Lehre vom Wärmetod, oder, wie er es nannte, von der „Zerstreuung" der Energie beigetragen. Das widerspricht durchaus dem der mechanischen Wärmetheorie zugrunde liegenden Ewigkeitsbegriff. Wir müssen uns daher nach einem Ausweg aus dieser Schwierigkeit umsehen.

Wenn die Welt, wie es unzweifelhaft geschieht, eine Entwicklung durchmacht, und diese stets in dieselbe Richtung verläuft, so muß sie schließlich doch ihr Ende erreichen. Wird ein Endpunkt nicht erreicht, so kann das nur darauf beruhen, daß die Entwicklung nicht nach schließlichem Stillstand strebt, sondern in einer Art Vor- und Rückwärtsbewegung vor sich geht. Eine — freilich sehr dunkle — Andeutung einer derartigen Auffassung findet sich schon

bei Kant, der von einer „Erneuerung“ der ausgebrannten Sonne spricht, „in Vermischung mit dem Chaos“ durch Abstoßung der flüchtigsten und feinsten Materie von der Sonne zur Materie des Zodiakallichts, die als Überrest des alten Chaos angesehen wird.

Von Kant stammen folgende bemerkenswerte Aussprüche: „Wenn nun solcherweise die Schöpfung unendlich ist in bezug auf den Raum, . . . so wird der Weltenraum mit Welten ohne Zahl und ohne Ende belebt sein.“ Weiter spricht er davon, wie die Sonnen erlöschen, die Welten um den Zentralkörper vergehen (den er in der sichtbaren Sternenwelt annimmt), um weit weg davon wieder zum Leben erweckt zu werden, sodaß die Anzahl der belebten Welten immer wächst. „Aber was wird wohl aus der Materie in den dergestalt zerstörten Welten? Kann man nicht glauben, daß die Natur, die sich einmal zu einem so schicklichen System ordnen konnte, ebenso leicht wieder hervortreten und sich aus dem neuen Chaos erneuern kann, in welches das Verschwinden ihrer Bewegung sie versenkt hat? Man kann nicht länger zögern, dieses zuzugeben.“ Kant nimmt an, daß, wenn Planeten und Kometen auf die Sonne niederstürzen, durch die dabei entstehende Hitze die Materie nach allen Richtungen wieder ausgestoßen, und da hierbei die Hitze verschwindet, ein neues Planetensystem der gleichen Art wie das alte gebildet wird. Auf ähnliche Weise wird einmal das größere Milchstraßensystem zusammenstürzen und wiederhergestellt werden. Er glaubt, daß sich diese Prozesse wiederholen können, um „sowohl die Ewigkeit, wie alle Räume mit ihren Wundern“ zu füllen. Diese großartige Phantasie ermangelt jedoch der physikalischen Grundlage (vgl. S. 157). Croll nimmt statt dessen an (1877), daß zur Wiedergeburt des ursprünglichen Nebelflecks zwei erloschene Sonnen zusammenstoßen müssen. Auf diesem Wege, den mehrere spätere Forscher wie Ritter, Kerz, Braun, Bickerton und Ekholm eingeschlagen haben, kommt man indessen zu dem Schluß, daß das ganze Universum danach strebt, sich zu „einer

einzigen, kalten, dunklen Masse zusammenzuballen". Zur Vermeidung dieser Schlußfolgerung muß man Kräfte annehmen, die die Materie zerstreuen.

Darüber äußert sich Herbert Spencer (1864) am klarsten. Seine Auffassung ist folgende. In der Entwicklung des Planetensystems findet ein Zusammenwirken von Kräften statt, die einesteils bestrebt sind, die Materie zu sammeln, andernteils sie zu zerstreuen. Während der Entwicklungsperiode, die durch Verwandlung der Nebelflecke zu Sonnen, Planeten und Monden gekennzeichnet wird, überwiegen die sammelnden Kräfte. Aber eines Tages müssen die zerstreuenden Kräfte die Oberhand gewinnen, so daß das Planetensystem dann zum verdünnten Nebelzustand, aus dem es sich entwickelt hat, zurückkehren wird. Lange von den sammelnden Kräften beherrschte Zeiträume wechseln mit ausgedehnten Perioden, in welchen die zerstreuenden Kräfte Gewalt haben. „Wird die Materie gesammelt, so zerstreut sich die Bewegung; wird die Bewegung absorbiert, so zerstreut sich die Materie." „Der Rhythmus charakterisiert alle Bewegung." Spencer glaubte offenbar, daß bei der Konzentration der Materie auf Grund der gegenseitigen Annäherung der Körper potentielle Energie verloren geht; beim Zerstreuen der Materie potentielle Energie wieder aufgespeichert wird — mit Bewegungsenergie ist das Verhältnis umgekehrt. Auch Nietzsche hat ähnliche Ansichten geäußert.

Sicherlich hat Spencer in der Hauptsache recht. Aber da die Physiker keinerlei zerstreuende Kräfte, wie Spencer sie fordert, kannten, so blieben seine Worte unbeachtet. Jetzt aber sind diese Kräfte wohl bekannt; sie sind hauptsächlich in den sprengstoffähnlichen Körpern angehäuft, die sich infolge hohen Drucks und hoher Temperatur in den inneren Teilen der Sonnen bilden. Dazu kommt während des Nebelfleckstadiums die Wärmeabsorption des Staubes in den dünnen Gashüllen, die infolge gesteigerter Molekurlarbewegung nach allen Richtungen des Raums verstreut werden, um schließlich die Energie der in der Nähe befindlichen schweren Massen,

besonders der Sterne, zu vermehren. Dieser Prozeß wirkt in erster Linie dem sogenannten Wachsen der Entropie, oder mit andern Worten, dem Ausgleich der Temperatur zwischen den Himmelskörpern entgegen und verhindert das Eintreffen des „Wärmetodes". (Vgl. Werden der Welten S. 174—190.) Außerdem haben wir den Strahlungsdruck, der die Partikelchen von den Sonnen hinweg durch den Raum führt.

Der neugewonnene Begriff von der Unzerstörbarkeit der Energie gab den Naturforschern ganz neue Probleme zu lösen. Man muß sich fragen, wie die Sonne ihre Energie so verschwenden konnte, ohne, wie es schien, sich merkbar abzukühlen. Mayer antwortete schon auf diese Frage durch die Annahme, daß die Sonnenwärme durch den Sturz der Meteore in die Sonne konstant erhalten wird. Daß diese Kraftquelle vollkommen unzureichend ist, geht aus der darauf bezüglichen Diskussion hervor (vgl. Werden der Welten S. 61). Dasselbe gilt von der Modifikation der Mayerschen Hypothese, die von Helmholtz gegeben wurde, nach welcher die ganze Sonnenmasse nach dem Sonneninnern fallen, das heißt, sich zusammenziehen sollte. Die Helmholtzsche Auffassung wird jedoch beständig als Stütze der Laplaceschen Hypothese angeführt, derzufolge die Sonne sich aus einem nebelfleckartigen Zustand zusammengezogen habe. Nach dieser Ansicht kann jedoch die Sonne nicht länger als etwa 20 Millionen Jahre mit ihrer gegenwärtigen Kraft Wärme ausgestrahlt haben.

Das entspricht aber durchaus nicht dem Zeitraum, der nach der Schätzung der Geologen verflossen sein muß, seit der Ablagerung der ältesten (kambrischen) Fossilien führenden Schichten auf dem Meeresboden. Danach wären etwa 100—1000 Millionen Jahre dazu erforderlich gewesen, während seit dem Auftreten des Menschen etwa 100000 Jahre vergangen sein mögen. Aus diesem Anlaß entstand besonders in England ein heftiger Streit zwischen Geologen und Physikern, wobei jedoch verschiedene Physiker sich auf Seite der Geologen stellten. Natürlich fiel der Streit zugunsten der letzteren aus, da sie sich auf positive Angaben stützen konnten,

während ihre Gegner hauptsächlich den negativen Grund anführten, daß sie nicht wüßten, woher die Sonne unter solchen Umständen ihre Energie genommen hätte.

Ich habe das durch den Hinweis darauf zu beleuchten gesucht, daß chemische Prozesse desto mehr Wärme zu entwickeln vermögen, bei je höherer Temperatur sie verlaufen. Betrachten wir einmal beispielsweise die Vorgänge, die sich abspielen, wenn die Temperatur von 1 g Eis von —10° fortgesetzt erhöht wird. Bei 0° schmilzt es zu Wasser und verbraucht dabei ungefähr 80 Kalorien; bei 100° verdampft das Wasser unter Verbrauch von etwa 540 Kalorien. Bei noch höherer Temperatur, etwa 3000°, wird der Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, mit einem Wärmeverbrauch von etwa 3800 Kalorien. Aber es wäre falsch anzunehmen, daß nun die chemischen Prozesse aufhören, weil unsere Hilfsmittel versagen, wenn wir bei unsern Versuchen noch höhere Temperaturen erreichen wollen. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden bei sehr hohen Temperaturen Wasserstoff und Sauerstoff unter Verbrauch von Hunderttausenden von Kalorien in ihre Atome zerfallen. Nun, sagt mancher, ist es aber zu Ende mit den chemischen Prozessen, da ja die Atome nicht weiter zerlegt werden können. Aber die Wissenschaft antwortet darauf: Nein! Die Atome können neue Verbindungen eingehen, bei denen ungeheure Wärmemengen verbraucht werden. Erst vor wenigen Jahren entdeckte Curie, daß Radium fortwährend Wärme entwickelt. Seither hat man gefunden, daß die Radiumverbindungen Helium abgeben unter Entwicklung von ungefähr 2000 Millionen Kalorien für jedes Gramm Radium. Bei hoher Temperatur muß dieser Prozeß unter Verbrauch dieser unerhörten Energiemenge in umgekehrter Richtung vor sich gehen. Die Bekanntschaft dieser Prozesse haben wir erst vor so kurzer Zeit gemacht, daß wir noch nicht volle Klarheit darüber erlangen konnten; aber es spricht absolut nichts gegen die Wahrscheinlichkeit, daß sich bei noch höheren Temperaturen chemische Prozesse abspielen, die noch bedeutend größere

Wärmemengen für jedes Gramm der daran beteiligten Materie verbrauchen. Rutherfords und Ramsays epochemachenden chemischen Entdeckungen lassen in dieser Richtung der Phantasie ziemlich freies Spiel.

Die radioaktiven Körper zerfallen bei gewöhnlicher Temperatur, bilden sich aber bei höherer Temperatur wieder aus ihren Zersetzungsprodukten zurück, wenn letztere in der erforderlichen Menge vorhanden sind. Je höher die Temperatur steigt, desto geringer wird die Menge dieser Zersetzungsprodukte, und bei entsprechend hohen Temperaturen sind letztere kaum noch vorhanden. Nach Strutts Untersuchungen scheint das schon bei der vergleichsweise so niederen Temperatur, wie sie in einer Tiefe von etwa 70 km unter der Erdoberfläche herrscht, der Fall zu sein. Strutt sucht die nach innen steigende Temperatur der Erde dadurch zu erklären, daß das in ihr enthaltene Radium allmählich zerfällt. Er fand in den gewöhnlichen Gesteinen, aus denen sich die Erdrinde zusammensetzt, durchschnittlich 8 g Radium in einer Million Kubikmeter. Wenn nun die ganze Erde im Durchschnitt ebensoviel Radium enthielte, so müßte dieses bei seinem Zerfall etwa 30mal soviel Wärme entwickeln, als die Erde infolge der Wärmeabgabe nach außen verliert. Da wir nicht gut annehmen können, daß sich der Radiumgehalt nur im dreißigsten Teil der Erdkugel, wie ihn die äußersten Schichten bis zu 70 km Tiefe bilden, findet, so müssen wir mit der Wahrscheinlichkeit rechnen, daß in noch größerer Tiefe Radium aus seinen Zersetzungsprodukten gebildet wird, wenn sie in den erforderlichen Mengen vorhanden sind. In dieser Tiefe muß die Temperatur ungefähr 2000° C betragen. Natürlich muß sich bei einer gewissen Temperatur auch Uran aus seinen Zersetzungsprodukten, deren eines Radium ist, bilden. Darum darf es uns nicht verwundern, daß im sichtbaren Teil der Sonne mit seiner Temperatur von über 6000° C Radium nicht gefunden wurde.

Bei gewöhnlicher Temperatur entsteht keine nennenswerte Menge von Uran aus seinen Zersetzungsprodukten,

sondern es zerfällt mit der von Rutherford gemessenen Geschwindigkeit, so daß es in 7 Milliarden Jahren zur Hälfte zerlegt wird. Daraus schließt Rutherford, daß ein Kubikzentimeter Helium von 760 mm Druck bei 0^0 aus einem Gramm Uran in 16 Millionen Jahren entsteht. Nun enthält ein Mineral, Fergusonit, das untersucht wurde, 26 ccm Helium auf jedes darin enthaltene Gramm Uran. Daraus läßt sich schließen, daß das Uran dieses Minerals in 26 mal 16 Millionen, d. h. in 416 Millionen Jahren zerlegt worden ist. So lange Zeit muß verflossen sein, seit sich dieses Mineral aus den glühenden, vom Innern der Erde ausgeworfenen Massen gebildet hat (vgl. Werden der Welten S. 38).

Die Massen radioaktiven Materials, die bei einer plötzlichen Eruption aus einer Sonne in den Raum hinaus geschleudert werden und dort erkalten, senden natürlich ihre radioaktive Strahlung sehr reichlich aus. Es mögen auch darunter radioaktive Verbindungen sein, die sehr rasch zerfallen und die wir daher auf der Erde nicht kennen, da sie schon lange umgewandelt sein müssen. Aber es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, daß die an Nebelpartien um neue Sterne beobachtete starke Lichtstrahlung nicht nur auf den vom neuen Stern abgestoßenen geladenen Staubpartikeln beruht, sondern auch auf Strahlung solcher rasch zerfallenden radioaktiven Stoffe.

Der beim Aufleuchten des neuen Sterns gebildete Nebel verliert durch Aufnahme von Strahlung aus den Sternen des Raumes sein Helium, welches, auf kosmischen Staub kondensiert, wieder in die dichteren Teile zurück wandert. Durch Verdichtung der Materie dieser Teile wird ihre Temperatur erhöht, und die stark radioaktiven Stoffe werden wieder gebildet. Ähnliches geschieht mit andern, nicht radioaktiven, aber explosiven Körpern. Die Nebelflecke sammeln so nicht nur die in sie hineingelangenden Staubpartien, die durch den Strahlungsdruck von den Sonnen transportiert werden, und alle von den Sonnen abgestoßene Materie, sondern auch alle strahlende Energie, welche diese in den Raum hinaussenden.

Diese Staub- und Energiemassen werden dann allmählich in solchen Teilen des Nebelflecks vereinigt, die seinem Zentralkörper am nächsten liegen und, namentlich im Inneren, eine hohe Temperatur haben. Dort werden sie zu radioaktiven und explosiven Körpern von unerhörter Energie umgewandelt, und wenn der Nebelfleck zur Sonne wird, und diese anfängt mehr Energie zu verlieren, als von der Umgebung zu empfangen, so zerfallen diese Körper allmählich beim langsamen Sinken der Temperatur, aber durch ihren ungeheuren Energievorrat halten sie die Abkühlung in mäßigen Grenzen und die Ausstrahlung nahezu unverändert während des Verlaufs von Milliarden, ja vielleicht Billionen von Jahren.

Es leuchtet ein, daß auf die hier kurz angedeutete Weise nicht das Geringste von der Energie oder der Materie im Universum verloren geht. Die Energie, die die Sonnen verlieren, findet sich in den Nebelflecken wieder, und diese übernehmen zu ihrer Zeit die Rolle der Sonnen. So wandert die Materie in beständigem Wechsel zwischen Energieaufnahme und Energieabgabe. Dazu brauchen nur die in den kälteren Teilen der Nebelflecke befindlichen Gasmassen und die dort eingewanderten Sonnenstaubmassen die ungeheure Energiemenge aufzunehmen, die bei der Strahlung der Sonnen verloren geht. Was wir schon seit einigen Jahren über die Natur der radioaktiven Stoffe erfahren haben, deutet darauf hin, daß auch geringe Mengen von Materie überaus große Energiemassen in sich zu bergen vermögen.

Wir müssen uns nun das Sonneninnere als ein ungeheures Wärmemagazin dieser Art denken. Während seiner Abkühlung gehen die chemischen Prozesse in umgekehrter Weise vor sich als während der Zusammenziehung und entwickeln Wärmemengen, die mehreren Billionen Kalorien für jedes Gramm entsprechen. Da nun jedes Gramm der Sonnenmasse jährlich 2 Kalorien durch die Sonnenstrahlung verliert, so ist es klar, daß das noch Billionen von Jahren so fortgehen und es auch während langer Zeiten ebenso gewesen sein kann, ohne daß sich deshalb die Strahlung der Sonne während

der etwa tausend Millionen Jahre, die die Geologen für die Existenz des Lebens auf der Erde fordern, in beträchtlicher Weise verändert zu haben braucht. Es ist nämlich sicher, daß die ältesten bekannten Organismen, die ihre Spuren in Versteinerungen aus der kambrischen Zeit hinterlassen haben, unter Temperaturverhältnissen gelebt haben, die sich durchaus nicht sehr von den heutigen unterschieden. Auch haben jene Organismen eine so hohe Entwicklung erreicht, daß man annehmen darf, es müßte von der ersten Ansiedelung einzelliger Lebewesen auf der Erde bis zum Kambrium ein mindestens ebensolanger Zeitraum verflossen sein, wie von diesem bis zur Neuzeit. Die in noch älteren geologischen Schichten eingebetteten Überreste dieser Organismen waren so vergänglich, daß sie in keinen Versteinerungen sich erhalten haben, oder sie sind im Laufe der Zeiten durch die starken Einwirkungen von hohem Druck oder hoher Temperatur, oder von beiden zusammen, denen diese Schichten während Millionen von Jahren ausgesetzt gewesen waren, zerstört worden.

Nachdem wir nun gesehen haben, daß die Möglichkeit physikalisch begründbar und verständlich ist, daß die Bestandteile des Weltalls sich periodisch umwandeln können, im Gegensatz zu der von Lord Kelvin und Clausius geforderten zum unausweichlichen Wärmetod führenden gleichmäßigen Entwicklung, wollen wir unser Augenmerk nun auf einige Äußerungen richten, die in letzter Zeit bei der Diskussion dieser Frage gefallen sind. Wir wollen dabei eine graphische Darstellung benutzen, und da wir unsere Betrachtung nicht auf das ganze unendliche Weltall ausdehnen können, uns auf den unserer Beobachtung zugänglichen Teil desselben beschränken. Dieser Teil ist aber so groß, daß seine Zusammensetzung aus Nebelflecken, kosmischem Staub, dunklen Massen und Sonnen wahrscheinlich wenig von der anderer, entsprechend großer Teile des Weltalls abweicht. Wir dürfen mit aller Wahrscheinlichkeit die Schlüsse, die wir in bezug auf diesen Teil ziehen, auch auf jeden andern Teil des Weltalls

anwenden und somit auf den ganzen unendlichen Raum beziehen. Wir suchen zunächst einen Ausdruck für die totale Abweichung der Temperatur von der mittleren Temperatur in jenem Raum. Sei z. B. die Durchschnittstemperatur der Sonne zehn Millionen Grad und die Durchschnittstemperatur der Materie in dem ins Auge gefaßten Teil des Weltenraums eine Million Grad, so beträgt die Abweichung der Sonnentemperatur von der Mitteltemperatur neun Millionen Grad. Diese Größe mit der Sonnenmasse multipliziert ergibt den Anteil der Sonne an der totalen Abweichung. Um ganz genau zu rechnen, müssen wir indessen die Sonne in zwei Teile teilen, einen inneren, dessen Temperatur mehr als eine Million Grad beträgt, und einen äußeren mit einer unter derselben liegenden Temperatur, und für jeden dieser Teile das Produkt der Masse und der Abweichung von der Durchschnittstemperatur, (1000000 Grad) bilden, sowie diese beiden Produkte summieren, ohne Rücksicht darauf, daß der eine positiv, der andere negativ ist.

Ebenso verfahren wir bei einem Nebelfleck, zum Beispiel, bei dem großen Nebel im Schwertgürtel des Orion. In diesem Falle hat das Produkt zweifellos ein negatives Zeichen, da die Nebelflecke kalt sind. Nachdem wir diese Operation bei allen Sternen, Nebelflecken, Planeten und herumirrenden Staub- und Meteoritenmassen ausgeführt haben, summieren wir die so erhaltenen Produkte. Diese außerordentlich große Summe nennen wir A. In der Figur bezeichnen wir die Gegenwart mit 0, die verflossene Zeit wird also negativ, die zukünftige positiv gerechnet.

Was geschieht nun? Folgen wir zuerst der Clausiusschen Betrachtungsweise. Nach dem Entropiegesetz strebt die Temperatur nach Ausgleichung, das heißt, die totale Abweichung, die heute A ist, wird morgen geringer, und zu einer gewissen Zeit, z. B. in zehn Millionen Jahren bis B gesunken sein. Von da ab geht der Prozeß weiter, aber da die Temperaturunterschiede geringer als jetzt sind, wird sich der Ausgleich wahrscheinlich langsamer vollziehen. Die Kurve, die die Ände-

rung von A mit der Zeit darstellt, fällt demnach von B an weniger steil ab als von A. Aber sie sinkt auf jeden Fall, und die totale Abweichung von der Durchschnittstemperatur wird immer geringer und nähert sich, wie die Mathematiker sagen, asymptotisch dem Grenzwerte Null. Nach genügend langer Zeit wird diese Abweichung einen beliebig kleinen Wert haben, oder, mit andern Worten, sie wird nach unendlicher Zeit gleich Null.

Gehen wir zeitlich wieder zurück. Die A-Kurve muß aus denselben Gründen damals steiler angestiegen sein als jetzt. Zu einer gewissen Zeit, sei es vor zehn Millionen Jahren, möge die totale Abweichung den Wert C, und wenn wir uns weit genug zurückdenken, jeden beliebigen Wert,

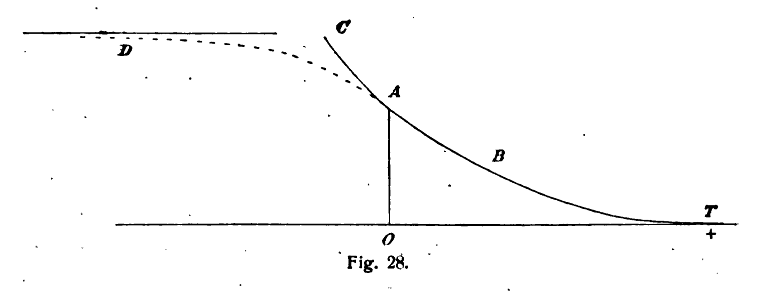


Fig. 28.

größer als A, erreicht haben, wie groß wir ihn uns auch vorstellen mögen. Oder, wie die Mathematiker dies ausdrücken, vor unendlich langer Zeit muß die Temperaturabweichung unendlich gewesen sein. Das konnte aber nur dann der Fall sein, wenn einzelne Teile des für uns sichtbaren Universums eine unendlich hohe Temperatur hatten, und daraus folgt wieder, daß die Durchschnittstemperatur und daher auch die Energie vor unendlich langer Zeit unendlich groß gewesen sind. An und für sich ist das undenkbar, und da wir im übrigen wissen, daß die Energie innerhalb des betreffenden Teiles der Welt von endlichem, wenn auch sehr großem Wert war, und daß die Energiemenge unveränderlich ist, so kann sie nicht vor sehr langer Zeit jeden beliebig großen Wert überschritten haben.

Diese Hypothese ist also unhaltbar. Einige Naturforscher suchen auf folgende Weise einen Ausweg aus dieser Schwierigkeit. Es wäre denkbar, daß, trotzdem die Temperaturungleichheit in vergangener Zeit größer war als jetzt, die Ausgleichung langsamer, ja beliebig langsam vor sich gegangen sei, der Kurve DA auf der Figur entsprechend. Die Temperaturabweichung würde da zuerst unendlich langsam, dann rascher vom endlichen Anfangswert bei D an gesunken sein, um sich gerade jetzt mit großer Geschwindigkeit zu vollziehen und darauf bis auf Null abzunehmen. Die Welt hätte also endlos lange wie tot gelegen, um sich nun gerade in der Zeit, deren Spuren wir in den geologischen Ablagerungen nachweisen können, in rasender Schnelligkeit zu entwickeln und nachher allmählich wieder in ewige Todesruhe zurück zu sinken. Das ist ebenso undenkbar wie jeder naturwissenschaftlichen Betrachtung entgegen und entspräche folgendem von Christiansen gebrauchten Beispiel. Ein Haufen Schießpulver liegt lange Zeit, ohne sich scheinbar zu verändern; nun legt jemand Feuer an das Pulver, oder der Blitz zündet es an; es flammt auf, und die vorher so außerordentlich langsame Veränderung wird von der hohen Temperatur derart beschleunigt, daß es im Bruchteil einer Sekunde eine ungeheuer rasche Verwandlung durchmacht. Hierauf folgt ein etwas langsamerer, einige Minuten andauernder chemischer Prozeß, da die Verbrennungsprodukte mit der Feuchtigkeit der Luft in Berührung kommen, und dann ist scheinbar Schluß der Entwicklung. Der in der Ewigkeit verschwindende Bruchteil einer Sekunde, währenddessen das Pulver aufflammte, entspricht der Zeit in der Weltentwicklung, von der wir etwas wissen. Bei genauerem Nachdenken dürfte sich aber kaum ein Naturforscher dieser Ansicht anschließen. Sie enthält auch die Schwierigkeit, daß das Pulver, wie die Chemiker lehren, auch wenn es bei niederer Temperatur aufbewahrt wird, langsamen Veränderungen unterworfen ist, die erst bei dem unerreichbaren absoluten Nullpunkt auf Null reduziert werden. Wir können uns aber auch nicht vor-

stellen, daß die Welt sich früher außerordentlich langsam entwickelt haben sollte, weil die mittlere Temperatur damals sehr niedrig gewesen wäre. Eine solche Annahme wäre ganz unhaltbar. Im Gegenteil müßte man, wie Christiansen sagt, in solchem Falle „ein Eingreifen unbekannter Natur in die Weltentwicklung" annehmen. „Eine solche Möglichkeit liegt vollständig außerhalb unserer Erfahrung;" es ist unmöglich, damit zu rechnen.

In ähnlicher Weise könnten wir die Entropie behandeln, nur würde die Beweisführung zwar strenger wissenschaftlich, aber weniger leicht faßlich sein. Das Resultat würde, wie leicht ersichtlich, ganz dasselbe in bezug auf die Weltentwicklung sein. Die Abweichung von der mittlern Temperatur in dem von uns betrachteten Teile des Weltenraumes hat im Laufe der Zeiten vermutlich einen nahezu unveränderlichen Wert behalten. Bei der Sonne vermindert sich die Abweichung allmählich, das wird aber durch die Temperatursteigerung aufgewogen, die bei der Umwandlung der Nebelflecke in Sterne stattfindet.

Für die Entropie gilt das nämliche. Im großen ganzen muß sie einen fast unveränderten Wert behalten. Auf der einen Seite wird dieser durch die Strahlung der Sonnen nach den kalten Nebeln hin beständig vermehrt, auf der andern durch den Abgang der schnellsten Moleküle der leichten Nebelgase aus den Gasmassen, und deren Anhäufung auf dichteren Ansammlungen von Materie fortwährend vermindert.

Nehmen wir wieder einen kleinen Teil wie das Sonnensystem aus der oben besprochenen Abgrenzung der Welt heraus, so hält sich die Durchschnittstemperatur dort durchaus nicht konstant, sondern sie ist gegenwärtig im Sinken begriffen. Dieses Sinken muß schließlich, wenn die Sonne erloschen ist, sehr langsam werden, um dann, wenn sich durch Zusammenstoß ein Nebelfleck aus der erloschenen Sonne gebildet haben wird, eines Tages ins Gegenteil, in Temperatursteigerung umzuschlagen, die sich noch einige Zeit nach dem Entstehen des neuen Sonnenstadiums fortsetzt.

Für jedes einzelne Sonnensystem gilt also Spencers Gedanke von dem beständigen Vor- und Rückwärts, einem periodischen Wechsel in der Entwicklung. Man kann hier doch kaum von einem rhythmischen Wechsel sprechen, denn die betreffende Periode in der Welt der Sonnen ist ebensowenig regelmäßig wie diejenige der hin und her gehenden Bewegungen der Molekeln. Länge und Verlauf der Periode werden durch den unberechenbaren zufälligen Zusammenstoß mit einem andern Körper — Sonne oder Molekel — bestimmt, dessen Eigenschaften die spätere Entwicklung beeinflussen.

Es ist eigentümlich, wie sich der Zeitbegriff allmählich geändert hat. Die oben erwähnte Schätzung Ciceros, nach welcher die Chaldäer schon vor 340000 Jahren astronomische Beobachtungen angestellt haben sollten, zeigt, wie die Männer des Altertums nicht vor der Annahme zurückscheuten, daß die Welt schon sehr lange bestehe. Auch von der indischen Philosophie werden lange Zeiten für die Existenz der Welt angenommen. Im Mittelalter ging diese Auffassung ganz verloren. Rhabanus Maurus äußert in seinem großen Werke „De universo" (Anfang des neunten Jahrhunderts), daß die Versteinerungen, die man hoch oben in den Bergen findet, von drei großen weltumfassenden Überschwemmungen herrühren, deren erste zu Noas Zeit, die zweite zu der des Patriarchen Jakob und seines Zeitgenossen, des Königs Og, die dritte endlich zu Moses' und seines Zeitgenossen Amfitryons Zeit eingetreten sei (Amfitryon war eine sagenhafte Gestalt, ein Enkel des Perseus). Das Alter der Welt wurde sehr niedrig geschätzt. Snyder berichtet in „The world's machine", daß Bischof Usher, Zeitgenosse von Shakespeare und Bacon, an Hand der jüdischen Erzählungen berechnet habe, daß die Welt 4004 Jahre vor unserer Zeitrechnung in der ersten Januarwoche erschaffen worden sei, eine Berechnung, die bis heute in englischen Bibeln gedruckt zu finden ist. Buffon schätzte die Zeit für die Abkühlung der Erde von der Glut, die sie bei ihrer Loslösung von der Sonne besaß,

bis zur gegenwärtigen Temperatur auf etwa 75000 Jahre. Das Studium der Funde in Babylonien und Ägypten bewies, daß es dort schon 7000—10000 Jahre vor unserer Zeit eine ziemlich weit entwickelte Zivilisation gab. Die in den Grotten aus der sogenannten Magdalenien-Zeit in Südfrankreich und Spanien gefundenen sehr naturgetreuen Abbildungen werden ungefähr 50000 Jahre alt geschätzt, und die ältesten Funde sicher von Menschen herstammender Gegenstände schätzt man 100000 Jahre alt. Der Mensch lebte sicherlich schon vor und während der Eiszeit, die die nördlichen Teile unseres Weltteils mehrere Male nach Schluß der Tertiärzeit heimsuchte. Und schließlich glauben die Geologen, daß das Leben in recht hochentwickeltem Zustand schon seit etwa einer Milliarde von Jahren besteht, und daß das erste Leben auf Erden vor vielleicht doppelt so langer Zeit aufgetreten ist. Wir nähern uns also sehr rasch der hohen Zahl, die die indischen Philosophen für die Entwicklung des Lebens auf der Erde annahmen.

Wir sind nun zu der letzten Frage gekommen, wie der Ewigkeitsbegriff auf die Existenz des Lebens überhaupt angewendet werden kann. Im allgemeinen neigen die Naturforscher zu der Annahme, daß Lebendiges durch heute noch wirksame physikalische und chemische Kräfte auf der Erde entstanden sei. In dieser Beziehung unterscheidet sich die Auffassung der Mehrzahl nicht sonderlich von derjenigen der Naturvölker (vgl. Kap. 2). Die Lehre jedoch, daß das Leben aus dem Weltenraum zur Erde kam, die wir schon in der nordischen Sage finden, in der Erzählung von der Einwanderung mehrerer Götter und eines Menschenpaares aus dem Hain bei Mimes Brunn (dem Weltenraum entsprechend) auf die Erde, hat ganz hervorragende Anhänger gefunden, wie den berühmten Botaniker Ferdinand Cohn und den vielleicht größten Physiker unserer Zeit, Lord Kelvin. Die großen Schwierigkeiten, die dieser Ansicht bisher ohne Zweifel anhafteten, habe ich dadurch zu beseitigen gesucht, daß ich den Strahlungsdruck als treibende Kraft für den Transport

der Keime durch den Weltenraum einführte. Die Ursache, warum diese Ansicht trotz der großen Schwierigkeiten, mit denen auch sie zu kämpfen hatte, doch mehrere Anhänger gewann, liegt darin, daß man es endlich müde wurde, die alljährlich auftauchenden sanguinischen Angaben, es sei endlich geglückt, ohne Keime tote Materie zu beleben, immer wieder als irrtümlich aufzuklären. Die Frage ist ungefähr in demselben Stadium wie das Problem des „perpetuum mobile" vor einem halben Jahrhundert. Es scheint daher höchst wahrscheinlich, daß das Problem der „Urzeugung", in seiner gegenwärtigen Form wie früher das des „perpetuum mobile" vom wissenschaftlichen Programm abgesetzt wird. Es bleibt uns kaum etwas anderes übrig, als anzunehmen, daß das Leben aus dem Weltenraum, das heißt von früher belebten Welten auf die Erde kam, und daß das Leben gleich der Materie und der Energie ewig ist. Jedoch bleibt, wenigstens bis auf weiteres, ein ganz wesentlicher Unterschied übrig, der den Beweis der Ewigkeit des Lebens erschwert, nämlich daß wir es nicht in seinen verschiedenen Formen quantitativ messen können, wie Materie und Energie. Es kann ja offenbar Leben plötzlich vernichtet werden, ohne daß nachweisbar anderes Leben daraus entsteht. — Buffon vertrat eine andere eigentümliche Ansicht über die Unzerstörbarkeit der „Lebensatome".

Eine so alles umstürzende Entdeckung, wie die von der Messung der Lebensquantität, wird wohl nie gemacht werden, aber die ewige Dauer des Lebens können wir uns doch leicht vorstellen, wenn wir annehmen, daß es im ewigen Kreislauf der Natur stets Himmelskörper gibt, die dem Leben günstig sind und darum auch jedenfalls Lebewesen beherbergen. Wenn, wie anzunehmen, die Lehre von der Panspermie allmählich siegreich aus dem Wettkampf hervorgeht, so wird sie verschiedene wertvolle Schlüsse nach sich ziehen, die vermutlich von Bedeutung für die Entwicklung der biologischen Wissenschaften sein werden, so wie die Lehre von der Unzerstörbarkeit der Materie von allergrößter Wichtig-

keit für die reiche Entwicklung der exakten Naturwissenschaften in letzter Zeit geworden ist.

Ein wichtiger Schluß, den wir jetzt schon aus dieser Anschauung ziehen können, ist der, daß alle lebenden Wesen im Universum miteinander verwandt sind, und daß, wenn das Leben auf einem Himmelskörper beginnt, es aus den niedrigsten bekannten Formen hervorgehen muß, um sich sodann im Verlauf der Entwicklung immer mehr zu höheren Formen zu veredeln. Die Eiweißkörper müssen unter allen Umständen die materielle Grundlage des Lebens bilden, und der Gedanke, es könnten beispielsweise Lebewesen auf der Sonne existieren, muß damit für alle Zeit ins Reich der Phantasie verwiesen werden.

Es ist bekannt, daß die Philosophen im allgemeinen Anhänger der Lehre von der ewigen Dauer des Lebens und Gegner der Lehre von der Selbstzeugung waren. Es genügt, in bezug darauf auf die oben angeführten Äußerungen (S. 36) des den Naturwissenschaften so nahestehenden großen Philosophen Herbert Spencer hinzuweisen. Eine andere derartige Bemerkung von ihm hat folgenden Wortlaut: „Sie (die behaupten, daß lebende Wesen aus leblosen Körpern oder aus nichts entstehen können) werden ersucht, die Art und Weise zu beschreiben, wie ein neuer Organismus entstehen kann, sie müßte aber auch einleuchtend sein, und sie werden finden, daß sie etwas Derartiges sich nie ausgedacht haben und nie werden machen können."

Cuvier ging in der Schöpfungstheorie weiter als irgend ein anderer, indem er mit d'Orbigny annahm, daß bei gewissen großen Naturrevolutionen, die er sich als vulkanische Ausbrüche dachte, alles Lebendige getötet und neue Arten statt der vernichteten geschaffen wurden. Diese Ansicht ist jetzt ganz aufgegeben, aber auch in ihr befand sich, wie Frech kürzlich gezeigt hat, ein gesunder Kern. Wir brauchen nur anstatt der vulkanischen Ausbrüche die großen klimatischen Veränderungen, die man Eiszeiten nennt, zu setzen. Dabei wurden viele Tier- und Pflanzenarten vernichtet, die

aber bald darauf, wenn die Kälte zurückwich, durch neue Formen reichlich ersetzt wurden, die sich unterdessen entwickelt oder am Leben erhalten hatten.

Der berühmte deutsch-amerikanische Physiologe Jacques Loeb hat die Aufmerksamkeit auf die Alkalinität des Meerwassers gelenkt, die während gewisser geologischer Perioden starken Einfluß auf die Bildung von Bastarden und damit neuer Formen ausüben kann, deren Ursprung aus Bastardformen man ja oft annimmt. In gewöhnlichem Meerwasser werden Eier des Seeigels Strongylocentrotus purpuratus durch Samen des Seesterns Asterias ochracea nicht befruchtet. Werden dagegen 3—4 ccm einer vierprozentigen Lösung von Natronlauge einem Liter Meerwasser zugesetzt, so gelingt die Bastardbildung ausgezeichnet. Da nun die Alkalinität des Meerwassers in Perioden niedrigen Kohlensäuregehalts der Luft zunimmt, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß in den Eiszeiten, da das Leben stark zurückgedrängt wurde, Neubildung von Formen stattfand. Auf diese Weise wurde, nachdem die Wärme zurückgekehrt war, sozusagen eine Konkurrenz eröffnet zwischen neuen Arten auf den nach der Eiszeit freien Wohnplätzen, und es ist klar, daß dadurch eine starke Entwicklung der lebenstauglichsten Formen begünstigt wurde.

Ehe wir die Frage der Panspermie verlassen, dürfte es angezeigt sein, einige damit in Beziehung stehende Verhältnisse zu berühren, die durch Versuche der letzten Zeit beleuchtet worden sind.

Die Möglichkeit, sich mit Hilfe des Strahlungsdrucks von einem Planeten zu einem andern, in einem weitentfernten Sonnensystem befindlichen, zu versetzen, beruht für Lebewesen darauf, daß im Weltenraum außerhalb der Grenzen des Sonnensystems niedrige Temperaturen herrschen, durch welche die Lebensprozesse so stark herabgesetzt werden, daß das Leben sich Millionen von Jahre dadurch erhalten kann. Madsen und Nyman, sowie Paul und Prall haben mehrere sehr bemerkenswerte Versuche über den Einfluß der Tem-

peratur auf das Erlöschen des Lebens gemacht. Erstere untersuchten die Haltbarkeit der Milzbrandsporen bei verschiedenen Temperaturen. Bei niederer Temperatur (z. B. im Eiskeller) können sie monatelang aufbewahrt werden, ohne merklich an Keimkraft einzubüßen, während sie bei 100° in einigen Stunden zugrunde gehen. Das Merkwürdige ist, daß hier die Temperatur ungefähr denselben Einfluß wie auf andere Lebensprozesse zeigt, so daß die Umsetzung etwa zweiundeinhalbmal so rasch vor sich geht, wenn die Temperatur um zehn Grade erhöht wird, ein Verhältnis, das ich meinen Berechnungen über die Dauer der Keimkraft bei niederen Temperaturen zugrunde gelegt habe.

Während diese Versuche bei Temperaturen über 0° ausgeführt wurden, fanden diejenigen von Paul und Prall teilweise beim Siedepunkt der flüssigen Luft (—195°) statt. Dabei wurden vegetative Formen (nicht Sporen) von Staphylococcen (eine Art Bakterien) in ausgetrocknetem Zustand verwendet. Während diese bei Zimmertemperatur zur Hälfte nach etwa drei Tagen zugrunde gingen, nahm ihre Lebensfähigkeit bei der Temperatur der flüssigen Luft während vier Monaten nicht merklich ab. Das ist ein besonders schöner Beweis, wie außerordentlich stark konservierend die große Kälte (die doch von der im Weltenraum zwischen den Sonnensystemen herrschenden noch übertroffen wird) auf die Erhaltung des Lebens wirkt.

Übrigens können wir den Vergleich zwischen dem Problem des Perpetuum mobile und der Urzeugung in einer Beziehung noch fortsetzen. Die Erfahrung zwingt uns zu der Annahme, daß ewige Bewegung unter Arbeitsleistung bei den auf der Erde und überhaupt im Sonnensystem herrschenden Verhältnissen unmöglich ist, aber ebenso müssen wir annehmen, daß der von Maxwell erdachte Ausnahmefall von dieser Regel eine hervorragende Rolle auf den Nebelflecken spielt, den Himmelskörpern, die in gewisser Hinsicht Gegensätze zu den Sonnen bilden. So wäre es auch denkbar, daß, obgleich nach allem zu urteilen, Urzeugung jetzt nicht auf der

Erde stattfinden kann und vermutlich auch früher unter den damals ziemlich ähnlichen Bedingungen nicht stattfinden konnte, diese Erscheinung doch irgendwo anders im Weltenraum auftreten könnte, unter den bedeutend abweichenden physikalischen und chemischen Verhältnissen, die es zweifellos im unermeßlichen Raum gibt oder gab. Von dem oder den Punkten aus, wo Urzeugung möglich war, konnte das Leben sich dann auf die übrigen bewohnbaren Himmelskörper verbreitet haben. Wie man hieraus sieht, erscheint der Gedanke der Urzeugung, wenn man so will, auf diese Weise viel wahrscheinlicher als wenn man annimmt, daß das Leben ohne Samen auf jedem einzelnen der sicher unendlich vielen Himmelskörper, auf denen es vertreten ist, entstanden sein soll.

Auf der andern Seite ist es klar, daß, da die Welt als Ganzes genommen seit unendlichen Zeiten existiert und zwar unter ähnlichen Verhältnissen wie die heute herrschenden, auch das Leben immer bestanden hat, wie weit man auch zurückdenken mag.

In diesem letzten Abschnitt haben wir nachgewiesen, daß, ehe noch die Naturwissenschaften ihre Gesetze (wie die von der Unzerstörbarkeit der Energie und der Materie) formulieren konnten, diese mehr oder weniger bewußt den verschiedenen Weltanschauungen der Philosophen zugrunde lagen. Man kann vielleicht einwenden, daß es viel vernünftiger gewesen wäre, die Anschauungen dieser Philosophen ohne weiteres als richtig anzunehmen und nicht erst die Begründung durch die Naturforscher abzuwarten. Das wäre ohne Zweifel richtig, wenn nicht gleichzeitig mit den philosophischen Behauptungen, die sich später als berechtigt herausstellten, auch deren direkte Gegensätze ebenso eifrig von andern führenden Denkern verfochten worden wären. Die naturwissenschaftliche Prüfung ist also unumgänglich nötig gewesen.

Ferner ist ein großer Unterschied zwischen diesen philosophischen Anschauungen und den später daraus abgeleiteten naturwissenschaftlichen Gesetzen. Wenn beispielsweise Empedokles oder Demokrit lehrten, die Materie sei unvergäng-

lich, während man zu jener Zeit allgemein der entgegengesetzten Ansicht war, so ist das etwas ganz anderes, als Lavoisiers Beweis, daß wenn ein Metall Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und dadurch schwerer wird, die Gewichtszunahme genau dem Gewicht des an das Metall gebundenen Sauerstoffs entspricht. Zu diesem Versuch von Lavoisier kommen außerdem die täglichen Erfahrungen der Chemiker, die uns zeigen, daß die aus der Lehre von der Unzerstörbarkeit der Materie gezogenen Schlüsse niemals irreführen.

Ähnlich verhält es sich mit den philosophischen Betrachtungen von Descartes, Leibniz und Kant über ein allmähliches Ausbrennen der Sonne, die eine dunkle Andeutung des Begriffs geben, daß Energie nicht aus nichts entstehen kann. Aber erst nachdem Mayers und Joules Untersuchungen gezeigt hatten, daß sobald eine gewisse Energiemenge (z. B. in Form von Arbeit) verschwand, stets die entsprechende Menge in anderer Form (z. B. Wärme) auftrat, konnte man mit voller Sicherheit behaupten, daß die Energiemenge der Sonne infolge der Ausstrahlung immerzu abnehmen und schließlich ganz verbraucht werden muß, wenn sie nicht auf die eine oder andere Weise ersetzt wird. Vorher hatten die scharfsinnigsten Männer wie Laplace und Herschel keinen Widerspruch darin gefunden, daß die Sonnenstrahlung ohne weiteres unvermindert in alle Ewigkeit fortbestehen soll, wie es wohl die allgemeine, auf täglicher Erfahrung basierende Anschauung noch heute ist. Kants Meinung von der beständigen Erneuerung des Weltprozesses, die — so allgemein gehalten — ja äußerst anerkennenswert ist, stößt gleichwohl auf die Schwierigkeit, daß sie in der Ausführung dem Prinzip der Unveränderlichkeit der Energie widerspricht. Dasselbe gilt von Du Prels ansprechendem Versuch.

Dieser Gedanke von der Wiederholung des Weltprozesses gründet sich bei Kant auf ein ethisches Prinzip; er findet ein „Wohlbehagen“ in dem Gedanken, daß die Welten auch fürderhin organisches Leben tragen werden. Außerdem widerspricht es seiner Ansicht nach der göttlichen Vollkommenheit,

daß die Sonnen für immer erlöschen sollen. — Spencer geht von einem etwas mehr objektiven Gesichtspunkt aus, indem er annimmt, daß sich in der Weltentwicklung eine gewisse Gesetzmäßigkeit geltend macht. Er steht auf dem modernen Standpunkt, die Welt habe seit unendlicher Zeit bestanden — während Kant glaubte, sie sei erschaffen worden —, und nähme auch kein Ende. Es wechseln Perioden von Konzentration und Dissipation der Materie, was uns an die indischen Ruhe- und Entwicklungsperioden erinnert. „Das Sonnensystem," sagt Spencer, „ist ein System in beweglichem Gleichgewichtszustand, welches sich zuletzt so verteilt, daß es wieder zur verdünnten Materie, aus der es hervorgegangen, wird." Aber wie ein solches Zerstreuen vor sich gehen soll, da man als treibende Kraft doch nur die Newtonsche Schwerkraft hatte, ist unerfindlich. Gewiß spricht Spencer von Kollisionen zwischen Himmelskörpern, schreibt denselben aber keinerlei Bedeutung für das Zerstreuungsphänomen zu. Wenn es keine abstoßende Kraft gäbe, würde alles sich konzentrieren.

Erst durch die Einführung des Begriffs vom Strahlungsdruck und dem Nachweis der Abnahme der Entropie in gewissen Fällen wird es möglich, die Idee einer ewigen Vor- und Rückwärtsbewegung in der Entwicklung der Himmelskörper durchzuführen, von welcher die indischen Philosophen schon in grauer Vorzeit träumten.

Es geht mit den Ideen wie mit den Organismen. Massen von Samen werden ausgesät, aber nur eine kleine Anzahl keimt auf; und unter den lebenden Wesen, die sich daraus entwickeln, werden noch die meisten durch den Kampf ums Dasein ausgemerzt, so daß nur eine geringe Anzahl am Leben bleibt. Auf ähnliche Weise werden allmählich die der Natur am besten entsprechenden Anschauungen ausgewählt. Man kann oft die Bemerkung hören, daß es ganz unnütze Arbeit sei, sich mit Theorien zu beschäftigen, da sie ja doch immer wieder umgestoßen werden. Doch wer so spricht, hat keinen offenen Blick für die Entwicklung. Die heute herrschenden Theorien gründen sich, wie aus dem

Vorangegangenen ersichtlich sein dürfte, auf Ansichten, die oft bis in die ältesten Zeiten zurückweisen. Aber sie haben sich allmählich aus dunklen Vermutungen zu immer größerer Klarheit und Gültigkeit entwickelt. Zum Beispiel wurde die cartesianische Wirbeltheorie aufgegeben, sobald Newton überzeugend nachwies, daß es Materie nicht in nennenswerter Menge im Raum geben könne, aber verschiedene der Descartesschen Ideen sind doch lebenskräftig geblieben, so die von einer ursprünglichen Rotation des Nebelflecks, aus dem sich das Sonnensystem entwickelte. Ebenso erkennen wir seine Ansicht von der Einwanderung der Planeten aus dem Raum ins Sonnensystem wieder in der Laplaceschen Vorstellung, daß eingewanderte Kometen an der Bildung der Planeten teilgenommen und ihre Bewegung beeinflußt haben, sowie in der obenerwähnten Vermutung, daß die Attraktionszentren, um welche die Planeten im Sonnennebel sich bildeten, von außen her kamen.

Nichts kann also verkehrter sein als die Annahme, daß die theoretische Arbeit in kosmogonischen Fragen vergeudet sei, oder daß wir nicht weiter kommen würden als die Philosophen der alten Zeit, weil einige der von ihnen geäußerten Ansichten der Wahrheit recht nahe kamen und sich deshalb auch in unseren modernen Kosmogonien wiederfinden. Die Entwicklung auf diesem Gebiet ist vielmehr in allerletzter Zeit rascher vorangeschritten als jemals früher, was selbstverständlich damit zusammenhängt, daß sich die Naturforschung gegenwärtig in einer Periode der Blüte befindet, mit welcher sich keine frühere auch nur annähernd messen kann.

Es ist auch erfreulich zu beobachten, wie sich die Humanität in immer rascherer Folge im Laufe der Jahrhunderte entwickelt hat, wovon wir oben nicht wenige Beispiele gegeben haben. Im großen und ganzen kann man nicht leugnen, daß die Begriffe von der allumfassenden Natur und von Freiheit und Menschenwert immer gleichzeitig fortschritten oder still standen, was ohne Zweifel darauf beruht, daß sich die verschiedenen Kulturgebiete alle erweitern, wenn das Menschen-

geschlecht vorwärts schreitet. Aber es spielt hier auch noch ein anderer Umstand mit herein. Wir finden nämlich, so weit wir rückwärts blicken, daß die Naturforscher im allgemeinen stets der Humanität das Wort geredet haben. Das tritt schon in der oben erzählten Sage von Pharao und dem Wunder wirkenden Hofastrologen hervor.

Derjenige, welcher sein Auge den von der Natur gebotenen unendlichen Möglichkeiten der Entwicklung öffnet, wird nicht durch Trug oder Gewalt sich, seinen Verwandten, seinen Freunden, Gesinnungsgenossen oder Landsleuten auf Kosten der Mitmenschen Vorteile anzueignen suchen.



